

Выпуск 85

СПОРТИВНАЯ АППАРАТУРА

ЭЛЕКТРОННЫЙ ДИСПЕТЧЕР ПЕРЕДАТЧИКОВ «ЛИС»

А. Сеньков

Успех проведения соревнований по спортивному ориентированию («охота на лис») во многом зависит от технического совершенства передающей аппаратуры. Участникам соревнований с помощью портативного пеленгационного приемника за минимальное время необходимо отыскать в лесной местности пять разнесенных и замаскированных передатчиков — «лис». Режим работы каждого передатчика состоит из одной минуты излучения позывного и четырех минут молчания. Одновременная работа двух или нескольких передатчиков не допускается. Каждой «лисе» присваивается один из пяти позывных: «МОЕ», «МОИ», «МОС», «МОХ» или «МО5», передаваемых в эфир телеграфным кодом Морзе.

Вначале, когда этот интереснейший вид радиоспорта только зарождался, передача позывных возлагалась на операторов, которые в течение четырех-пяти часов при любой погоде должны были следить за временем и по составленному заранее графику вручную передавать

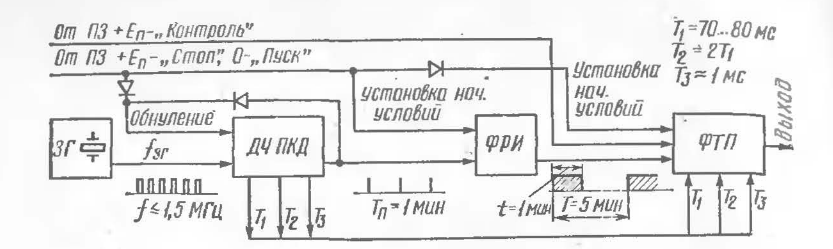


Рис. 1. Функциональная схема устройства

свой позывной. Разная скорость и почерк пяти операторов, а также другие разнобои в работе передатчиков, создавали дополнительные трудности участникам соревнований. Поэтому возникла необходимость автоматизировать манипуляцию передатчиков. Были разработаны автоматы двух видов:

с централизованным управлением, включение каждой «лисы» происходит дистанционно по эфиру с одного командного пункта. При этом исключается возможность одновременной работы двух «лис» в любых условиях и как угодно долго, однако в комплекте «лисы» требуется дополнительная и сравнительно сложная аппаратура приема команд пункта управления;

с автономным управлением, включение каждой «лисы» происходит от своего манипулятора. Все пять манипуляторов перед началом соревнований запускаются по одним часам. Каждый манипулятор должен «запомнить» момент запуска, с которого начинается процесс периодического повторения рабочих циклов. В функцию манипулятора входит также и формирование телеграфных текстов в течение рабочих циклов передатчиков. Стабильность, надежность, экономичность — вот основные требования к манипуляторам такого вида.

Предлагаемый диспетчер относится к автоматам с автономным управлением. Состоит из пяти отдельных узлов-манипуляторов и одного пульта синхронного запуска и проверки всех узлов одновременно. Введение пульта является первой особенностью данного автомата. Все пять узлов выполнены по одной функциональной схеме (рис. 1). Принципиальные схемы узлов отличаются лишь разной распайкой двух перемычек для обеспечения формирования всех пяти рабочих интервалов и позывных «лис». Без изменения количества элементов схема обеспечивает применение различных по частоте кварцевых резонаторов, что является вторым принципиальным отличием данного диспетчера. Как это сделано, будет рассмотрено ниже.

Разберем работу каждого функционального узла по принципиальной схеме (рис. 2).

З а д а ю щ и й г е н е р а т о р (ЗГ). Выполнен по известной схеме на двух инверторах *D1.1*, *D1.2* с кварцевой стабилизацией частоты, чем и обеспечивается высокая стабильность формирования рабочих циклов.

Д е л и т е л ь ч а с т о т ы с п е р е м е н н ы м к о э ф ф и ц и е н т о м д е л е н и я (ДЧ ПКД). Делитель двадцативосьмиразрядный, собран на элементах *D3, D4, D5, D6.1, D7, D8, D9.1*. ДЧ ПКД позволяет получать на его выходе последовательность импульсов с периодом повторения 1 мин, применяя в ЗГ кварц на любую частоту, но не более 1,5 МГц (из-за ограниченного в этих пределах быстродействия микросхем серии 564). Разберем, как достигается постоянный период повторения импульсов при изменении частоты ЗГ.

В общем случае коэффициент деления (K) частоты на выходе ЗГ ($F_{зг}$) для получения требуемой частоты на выходе делителя ($F_д$) определяется из соотношения

$$K = \frac{F_{зг}}{F_д},$$

в нашем случае $F_д = 1/60$ Гц, т. е. $K = 60\ F_{зг}$. Следует учитывать, что $F_{зг}$, как правило, не совпадает с паспортным значением кварцевого резонатора (из-за разброса параметров применяемых схемных элементов). Поэтому для точного определения K необходимо замерить частоту на выходе ЗГ. Определив значение K, его необходимо перевести в двоичную систему записи, так как делитель дает информацию о количестве импульсов, поступивших на его вход, в двоичной системе, т. е. по наличию 1 и 0 на его выходах. 1-й разряд числа K в двоичной системе соответствует 1-му разряду делителя, т. е. выходу *3 D3*, а старший разряд числа K — выходу *6 D6*. Определяем номера разрядов числа K, в которых должна быть 1, и именно эти разряды необходимо подать на схему совпадения, т. е. схему И. Функцию 16-входовой схемы И выполняют элементы *D7, D8, D9.1*. Если в числе K единичных разрядов меньше 16, то на неиспользуемые входы *D7, D8* необходимо подать либо 1 от $+E_п$, либо

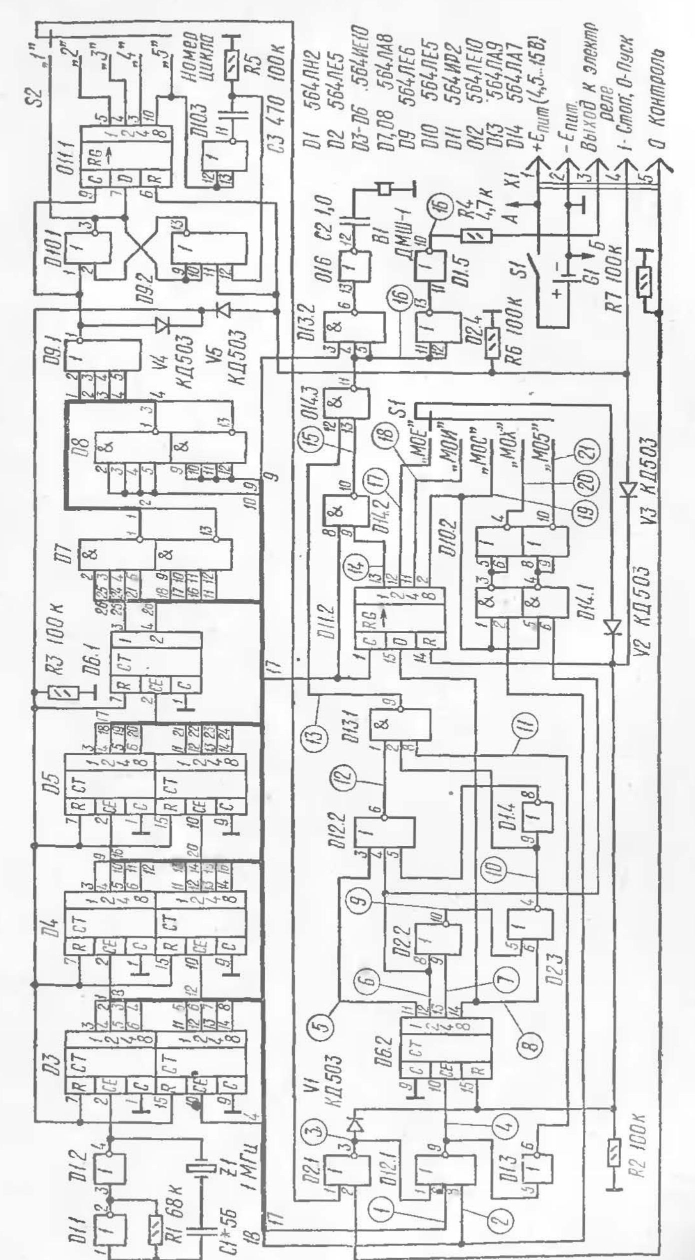


Рис. 2. Принципиальная схема устройства

запараллелить их со входами, на которые поступают единичные разряды (входы *D8* на схеме). Итак, ровно через минуту с начала счета (с момента появления 0 на шине *R* делителя) на всех входах элементов *D7*, *D8* произойдет совпадение высоких уровней, на выходе *1 D9.1* также сформируется 1, которая обнулит все счетчики делителя, и на входе схемы *И* появятся низкие уровни и счет начнется снова. На выходе элемента *D9.1* будет формироваться последовательность коротких импульсов с периодом повторения 1 мин.

Так как число *K* обычно составляет десятки миллионов и сразу трудно определить, какие же разряды должны быть использованы для сложения на схеме *И*, приведем пример определения числа *K* в двоичной системе.

Пусть имеется кварц на частоту 1 МГц, на выходе ЗГ значение $F_{зг}$ получилось 1 000 005 Гц, тогда $K = 60\,000\,300$. Это число можно представить как сумму чисел, взятых из ряда: 2^0 ... 2^N, где *N* — количество разрядов числа *K* в двоичной системе. В табл. 1 приведены значения выражений от 2^0 до 2^{27} и соответствующие номера разряда *N* двоичного числа (или номер выхода делителя частоты).

Таблица 1

$N_р$	$2^N - 1$	Число	$N_р$	$2^N - 1$	Число
1	2^0	1	15	2^{14}	16 384
2	2^1	2	16	2^{15}	32 768
3	2^2	4	17	2^{16}	65 536
4	2^3	8	18	2^{17}	131 072
5	2^4	16	19	2^{18}	262 144
6	2^5	32	20	2^{19}	524 288
7	2^6	64	21	2^{20}	1 048 576
8	2^7	128	22	2^{21}	2 097 152
9	2^8	256	23	2^{22}	4 194 304
10	2^9	512	24	2^{23}	8 388 608
11	2^{10}	1024	25	2^{24}	16 777 216
12	2^{11}	2048	26	2^{25}	33 554 432
13	2^{12}	4096	27	2^{26}	67 108 864
14	2^{13}	8192	28	2^{27}	134 217 728

Определим два соседних разряда, в пределах которых должно быть число *K*, т. е. $N < K < N+1$. Такими разрядами являются 26 и 27. 27-й разряд соответствует боль-

шему числу, чем K, поэтому его отбрасываем, а 26-й разряд соответствует меньшему числу, чем K. Поэтому необходимо добавить ближайший по величине разряд, но так, чтобы его сумма с 26-м разрядом не превышала значение K. Таковым является 25-й разряд. Находим сумму $S1$:

$$S1 = N_{26} + N_{25} = 50\,331\,648.$$

Аналогично находим $S2$:

$$S2 = S1 + N_{24} = 58\,720\,256.$$

И так далее до получения числа K:

$$S3 = S2 + N_{21}$$
$$S4 = S3 + N_{18}$$
$$S5 = S4 + N_{17}$$
$$S6 = S5 + N_{16}$$
$$S7 = S6 + N_{12}$$
$$S8 = S7 + N_{6}$$
$$S9 = S8 + N_{4}$$
$$S10 = S9 + N_{3} = 60\,000\,300.$$

Таким образом, определились 11 разрядов делителя, которые необходимо подать на схему совпадения высоких уровней (схему И). Остальные выходы с элементов *D3...D5, D6.1* просто не используются. Приведенная схема ДЧ ПКД является общей и пригодна для кварцев не выше 1,5 МГц. При частотах меньше 250 кГц элемент *D6.1* может не использоваться.

Формирователь рабочих интервалов (ФРИ). Устройство состоит из *RS*-триггера на элементах *D10.1* и *D9.2*, 4-разрядного регистра сдвига на *D11.1* и инвертора на *D10.3.* До запуска манипулятора на вход *11 D9.2* с пульта контроля поступает логическая 1 ($+E_п$), этим же сигналом все счетчики ДЧ ПКД устанавливаются в исходное состояние. На вход *D* регистра сдвига и на контакт *1* переключателя *S2* с выхода элемента *D10.1* поступает высокий уровень. Установкой переключателя *S2* в одно из положений с 1 по 5 обеспечивается подача соответствующего номера рабочего интервала на схему формирования позывных. Эпюры напряжений в различных точках схемы ФРИ изображены на рис. 3.

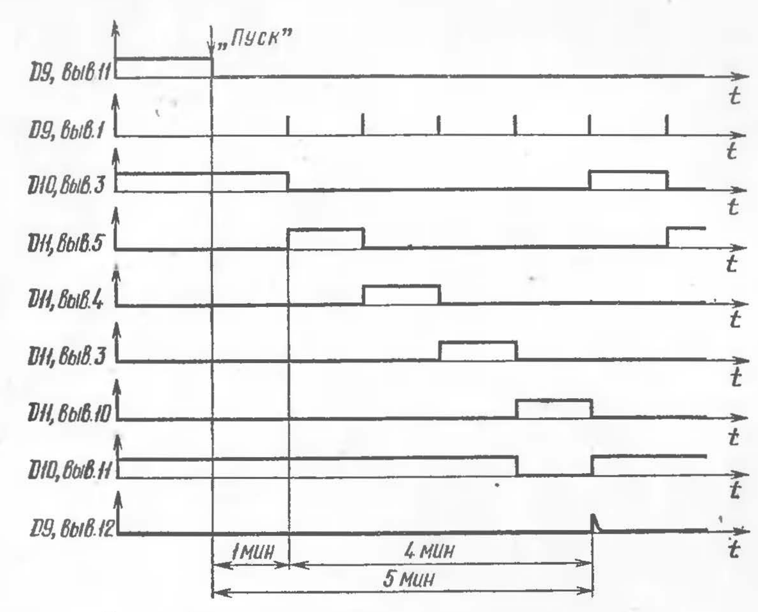


Рис. 3. Эпюры напряжений в различных точках ФРИ

В момент поступления команды «Пуск» с пульта синхронного запуска начинается режим счета ДЧ ПКД и через одну минуту на вход *1 D10.1* поступит короткий положительный импульс. Одновременно этот же импульс поступит и на вход *C* регистра сдвига (вход *9 D11.1*), а так как на входе *D* в этот момент еще сохраняется высокий уровень, то он запишется на выходе *5 D11.1.* В следующий момент *RS*-триггер опрокинется и на выходе *D10.1* сформируется низкий уровень. Поэтому после второго импульса с выхода ДЧ ПКД на выходе *5 D11.1* запишется 0, а 1 перепишется на выход *4* и т. д. Высокий положительный уровень на выходе *RS*-триггера (*D10.1*, выход *3*) вновь сформируется только после окончания пятого минутного интервала, когда положительный фронт с выхода инвертора *D10.3* пройдет через дифференцирующую цепочку *C3R5* и переведет *RS*-триггер по входу *11 D9.2* в исходное состояние. Цикл формирования интервалов повторится.

Формирователь текстов позывных (ФТП). Остальная часть схемы на рис. 2 представляет собой ФТП.

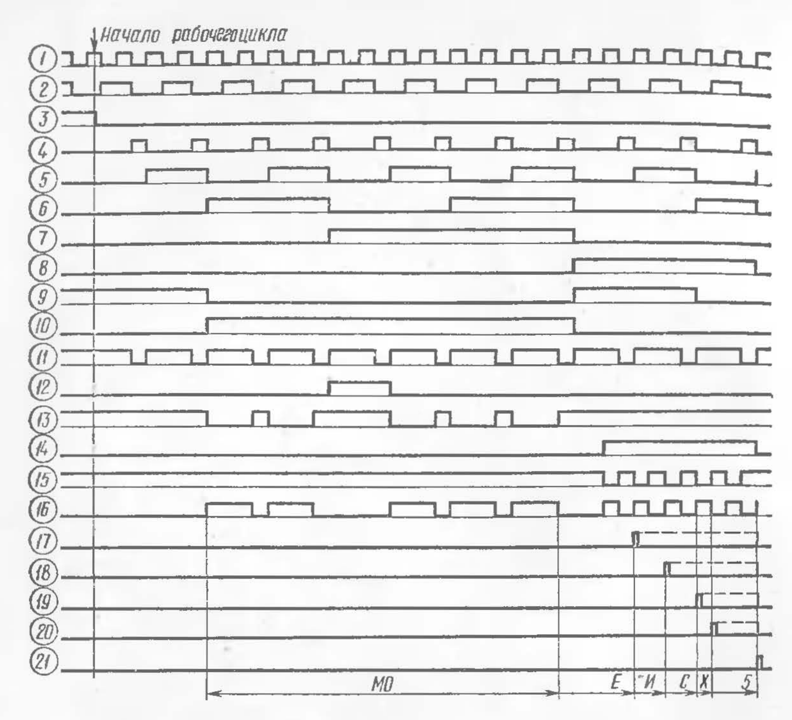


Рис. 4. Эпюры напряжений в различных точках ФТП

На вход ФТП поступают:

стробы с ФРИ длительностью 1 мин и периодом повторения 5 мин;

переменное напряжение типа «меандр» со схемы ДЧ ПКД и с периодом повторения ≈70...80 мс ($T_{п1}$);

переменное напряжение типа «меандр» со схемы ДЧ ПКД и периодом повторения $T_{п2}=T_{п1}\times 2$ (2 $T_{п1}$).

Значение $T_{п1}$ выбирается так, чтобы получить скорость формирования текста позывного, равную 60... 80 зн/мин. На рис. 4 в эпюрах напряжений в различных точках ФТП подробно показан процесс формирования текста позывного. Остановимся лишь на том, как формируется окончание текста и его повтор в пределах одного минутного интервала. Исходное состояние ФТП зависит от поступления обнуляющего импульса через диод *V2* на входы *R* элементов *D6.2* и *D11.2*. Из рис. 4 видно, что для того чтобы процесс формирования текста

закончился после букв Е, И, С, Х или 5, на обнуляющий вход элементов *D6.2* и *D11.2* необходимо подать напряжение с точек, обозначенных индексами 17, 18, 19, 20 или 21 соответственно. Осуществление этого зависит от установки переключателя *S1* в соответствующее положение. Процесс формирования текста будет длиться, пока не закончится минутный положительный строб на входе *D2.1*, после чего на его выходе появится высокий уровень и через диод *V1* выдаст запрет на работу *D6.3* и *D11.2*. Схема ФТП будет удерживаться в исходном состоянии до прихода очередного рабочего интервала. Для сопряжения с транзисторным входом электронного ключа в схему ФТП введены два инвертора *D2.4* и *D1.5*. Последний через ограничительный резистор *R4* обеспечивает ток в нагрузку до 2 мА. Для обеспечения текущего контроля работоспособности узла с одного из выходов ДЧ ПКД снимается сигнал с частотой ≈1 кГц. Номер выхода делителя легко определить с помощью табл. 1, зная частоту кварцевого резонатора. Номинал частоты кварцевого резонатора, выраженный в килогерцах, будет соответствовать коэффициенту деления, чтобы получить 1 кГц с ДЧ ПКД. Так как два соседних разряда на своих выходах дают сигналы, отличающиеся по частоте в два раза, то выбирают ближайшее значение частоты. Этот сигнал подается на элемент *D13.2*, на котором происходит коммутация сигнала звуковой частоты импульсами с выхода ФТП. Элемент *D1.6* необходим для сопряжения с динамиком типа ДЭМШ.

Питание манипулятора лучше сделать автономным (от собственной батареи), чтобы максимально развязаться от передатчика. Номинал напряжения $E_п$ может быть выбран от 4 до 15 В. Ток, потребляемый прибором, в рабочем интервале при $E_п=9$ В не превышает 3 мА, в период паузы — не более 300 мкА.

Пульт синхронного запуска и контроля. Обеспечивает синхронный запуск всех пяти манипуляторов и достоверный контроль работоспособности узлов перед подключением к передатчикам. Принципиальная схема пульта и его стыковка с манипуляторами приведена на рис. 5. В состав пульта входят:

пять транзисторных ключей — эквивалентов нагрузки для каждого манипулятора, в коллекторную цепь кото-

рых включены лампочки для визуального контроля в процессе проверки всего диспетчера;

тумблер *S1* «Стоп — Пуск», в положении «Стоп» с пульта на схему каждого манипулятора через контакт *4X1* поступает напряжение $+E_п$, которое удерживает в исходном состоянии схемы ДЧ ПКД, ФРИ и ФТП. При переводе тумблера в положение «Пуск» напряжение $+E_п$ в этой цепи снимается и все счетчики и регистры манипулятора, благодаря резисторам *R2*, *R3*, *R6*, переходят в рабочее состояние. Причем этот переход во всех пяти манипуляторах происходит строго синхронно от одного тумблера. С момента команды «Пуск» первый манипулятор должен сразу (если не учитывать паузу начала формирования, см. рис. 4, п. 16) передавать текст позывного, что можно контролировать по загоранию лампочки *H1* на пульте. Через минуту по лампочке *H2* можно наблюдать работу второго манипулятора и т. д.;

кнопка *S2* «Контроль», с помощью которой можно ускорить процесс контроля (при нажатии на кнопку $+E_п$ поступит на манипуляторы — контакт *5X1*). Высокий уровень по входу *2* элемента *D2.1* (см. рис. 2) заменяет строб рабочего интервала по входу *1* этого же элемента, и ФТП начнет работать как обычно. Все лампочки пульта должны одновременно показывать работу манипуляторов.

Непосредственно из пульта выходит жгут, который разветвляется на пять отростков с разъемами на концах. Тип разъемов — ответная часть разъема *X1* в манипуляторах. На рис. 6 приведен чертеж кабеля с рекомендуемыми размерами жгута.

После запуска и проверки кабель пульта отстыковывается от манипуляторов. Так как тумблер пульта находится в положении «Пуск», то цепь *X1* (контакт *4* в манипуляторах), пульт, $+E_п$ разорвана, поэтому расстыковка разъемов не внесет никаких изменений в работу узлов. Далее отстыкованные узлы автономно, с точностью кварцевых часов, будут формировать свой рабочий интервал начиная с одного момента времени — команды «Пуск». Каждый узел отдельно от передатчика транспортируется на место своей «лисы», где и подключается к передатчикам. Для этого в передатчике должен быть предусмотрен кабель, состоящий из двух проводников с разъемом на конце для стыковки с разъемом *X1* манипулятора. Стыковка с передатчиком произ-

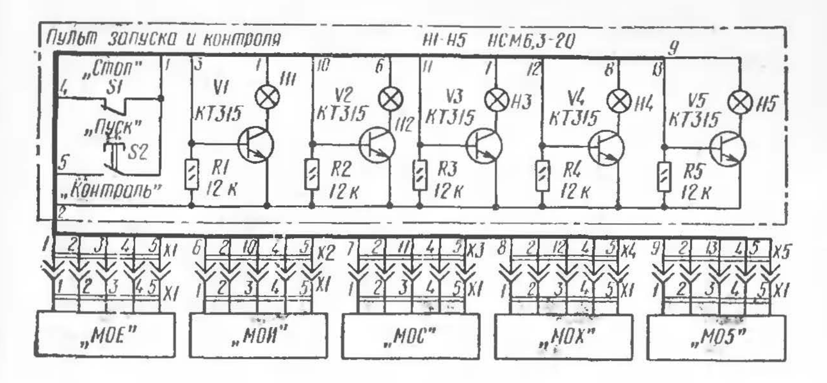


Рис. 5. Принципиальная схема пульта запуска и контроля

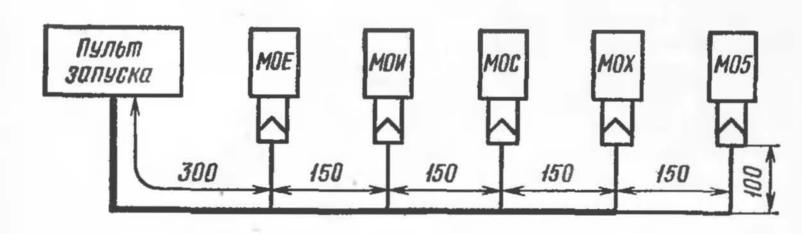


Рис. 6. Чертеж кабеля

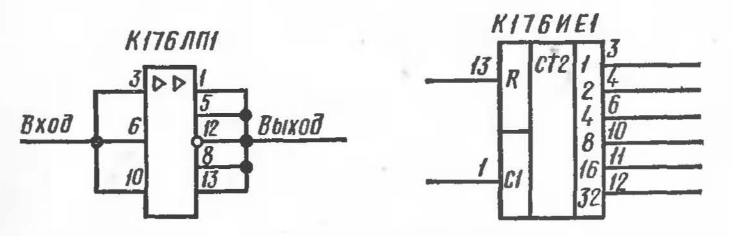


Рис. 7. Схема включения микросхемы К176ЛП1

Рис. 8. Микросхема К176ИЕ1

водится по двум цепям: «корпус» и «выход на электронное реле» (*X1*, контакты *2* и *3*). Последний провод должен быть экранированным. Заделка кабеля в передатчике и стыковка разъемов должны обеспечивать надежное соединение с учетом возможных механических воздействий в полевых условиях.

Возможные замены микросхем серии 564. Примененные микросхемы серии 564 можно заменить на серию 176 с сохранением всех электрических характеристик. В случае такой замены все микросхемы, за исключением *D1*, *D3*, *D4*, *D5* и *D6*, сохраняют свое функциональное название и нумерацию выводов. В серии 176 нет аналогов микросхемам 564 ЛН2 и 564 ИЕ10. Однако 564 ЛН2 можно заменить на К176 ПУ2, кроме элементов *D1.6* и *D1.5* (см. рис. 2). Вместо них можно использовать микросхему К176 ЛП1, включенную по схеме на рис. 7, при этом следует выводы *1, 5, 12, 8, 13* соединить между собой. Такое включение обеспечивает ток в нагрузку до 2 мА.

564 ИЕ10 можно заменить на К176 ИЕ1 (рис. 8), которая представляет шестиразрядный двоичный счетчик, у которого выходы *R* и *C1* эквивалентны входам *R* и *CE* в 564 ИЕ10.

Для обеспечения двадцати восьми разрядов в счетчике ДЧ ПКД, применяя микросхемы К176 ИЕ1, необходимо пять корпусов микросхем. Еще один корпус необходим в схему ФТП (вместо *D6.2*, см. рис. 2).

Сборка и настройка. Решение о методике монтажа может быть принято исходя из:

наличия того или иного типа микросхем (допускается и смешанный вариант);

возможности изготовления печатных плат.

И в том, и в другом случае окончательный вариант может быть определен после макетирования ЗГ, так как необходимо знать частоту на входе ДЧ ПКД. Частоту рекомендуется измерять после одного каскада деления (выход *3 D3*, см. рис. 2). При этом $F_{изм}=0,5\ F_{зг}$.

Зная $F_{зг}$, находят число *K* и номера разрядов делителя, которые необходимо подать на схему И (*D7*, *D8*), а также номера разрядов на схему ФТП (входы *2,8 D12.1*) и вход *3 D13.2*. При условии правильного монтажа устройство не требует настройки, если же оно не заработает, ошибку монтажа следует искать по соответствию осциллограмм в различных точках схемы рис. 3 и 4.

При проверке узлов по отдельности с использованием пульта запуска проверяемый узел необходимо стыковать с разъемом *X1* кабеля пульта, так как напряжение $+E_п$ для формирования команд «Стоп» и «Контроль» поступает через этот разъем (см. рис. 5).

ПРИБОРЫ ДЛЯ СУДЕЙ ПО СПОРТУ

М. Васильченко, А. Берестов

Дешифратор для электронного информационного табло

При проведении различных соревнований возникает необходимость в оперативном отображении цифровой информации. В настоящее время существуют разные способы решения этой задачи. Описываемое здесь устройство индикации цифр в одном десятичном разряде отличается как простотой схемного решения и изготовления, так и управления.

Как и большинство устройств подобного типа, оно представляет собой дешифратор унитарного десятичного кода в позиционный семисегментный — включение одного из тумблеров на пульте управления приводит к формированию соответствующей цифры из сегментов на табло. Особенностью данного дешифратора является то, что в отличие от обычно используемого включения тех или иных сегментов, формирующих заданную цифру, здесь используется гашение ненужных, что значительно упрощает схему устройства, уменьшает число используемых элементов и уровень их интеграции. Действительно, анализ таблицы состояний сегментов при формировании цифр показывает, что гашение ненужных сегментов примерно в два раза экономит число коммутационных элементов по сравнению с их числом для включения необходимых сегментов.

В табл. 1 левый столбец обозначает индицируемую цифру, единицы соответствуют включенным сегментам, формирующим заданную цифру, а нули — выключенным (рис. 1). Простой подсчет показывает, что нули занимают 30 % от общего числа состояний. Схема дешифратора приведена на рис. 2. Рассмотрим, как происходит

Таблица 1

Сегменты на табло / Цифры на табло	a	в	c	d	e	f	g
1	0	1	1	0	0	0	0
2	1	1	0	1	1	0	1
3	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	1	0	0	1	1
5	1	0	1	1	0	1	1
6	1	0	1	1	1	1	1
7	1	1	1	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0

формирование какой-либо из цифр, например единицы. В исходном состоянии устройство выключено и табло не светится. При замыкании тумблера 1 и включении питания с помощью тумблера 8 происходит подача уровня логической единицы на один из входов элементов ИЛИ—НЕ *D1.1, D2.1, D2.2, D3.1* и *D3.2*. На все остальные входы, поскольку остальные тумблеры ие включены, подан уровень логического нуля — они «привязаны» к земле через резисторы *R2...R9*. В соответствии с таблицей истинности элементов ИЛИ—НЕ и И—НЕ уровень логической единицы будет присутствовать только на выходах *«в»* и *«с»* устройства, уровень остальных выходов будет равен нулю, т. е. соответствующие сегменты будут погашены. Для формирования какой-либо другой цифры тумблер *S1* выключается и включается нужный. Включение только питания (тумблера *S8*) приводит к включению всех сегментов, т. е. высвечиванию цифры «8». Если имеется возможность использовать тумблеры с двумя парами контактов, то можно отказаться от последовательного включения тумблера, а сразу же одним тумблером подавать питание и на логическую часть устройства и уровень логической единицы на необходимые входы.

Выходы микросхем подключаются к ключевой схеме, нагрузкой которой служат лампочки накаливания. В табло использованы лампочки для салонов легковых авто-

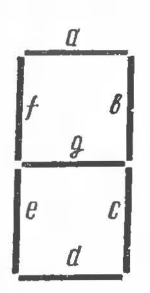
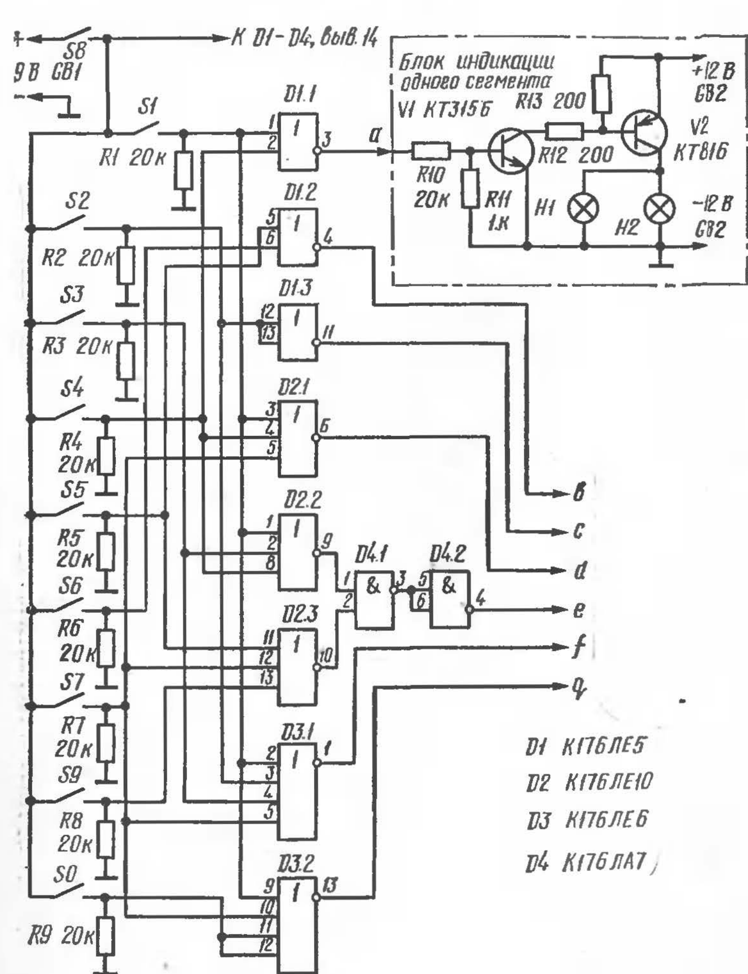


Рис. 1.
Расположение сегментов в световом табло

Рис. 2.
Принципиальная схема дешифратора



мобилей, в каждом сегменте используется по две штуки, расположенные вдоль друг за другом. Питание всего устройства осуществляется от автомобильного аккумулятора напряжением 12 В, что удобно при использовании табло в полевых условиях. Питание логической части устройства можно осуществлять через отдельный стабилизатор, имеющий на выходе напряжение 9 В, хотя, как показал опыт эксплуатации, напряжение, подаваемое на логическую часть устройства, может изменяться в широких пределах (3...15 В). Увеличение числа разрядов в табло достигается, как легко видеть, простым повторением данной схемы в каждом разряде. К выводам *в—g* подключаются блоки индикации, аналогичные подключенному к выводу *а*.

Судейский секундомер для проведения авиамодельных соревнований по воздушному бою

Применение цифровой контрольно-измерительной аппаратуры дает во многих случаях неоспоримые преимущества по сравнению с традиционными методами измерений. Все бóльшую популярность такая аппаратура завоевывает и при проведении спортивных и спортивно-технических соревнований. Связано это с тем, что обычные «ручные» методы фиксации, например времени, в ряде случаев не позволяют вынести объективное решение (при всей беспристрастности судей, но в результате ограниченной мышечной реакции человека).

Если говорить конкретно об авиамоделизме, то в настоящее время требуется, например, при проведении соревнований достаточно высокого ранга по гоночным моделям фиксация полетного времени участников с точностью до сотой доли секунды. На соревнованиях же скоростных моделей, где скорости давно перешагнули рубеж 200 км/ч и приближаются уже к 300 км/ч, фиксация времени с этой точностью назрела уже давно. Отметим также, что создание многомоторных радиоуправляемых моделей-копий выдвигает проблему синхронизации частоты вращения микродвигателей, которая к настоящему времени на основе аналоговой техники нерешена и достаточно просто решается при применении цифровой техники. Форсирование микродвигателей требует замера скорости вращения. Применяемые сейчас аналоговые частотомеры страдают большой погрешностью, а применение уже разработанных цифровых частотомеров дает возможность простыми средствами определять скорость вращения винта с точностью до ±10 об/мин.

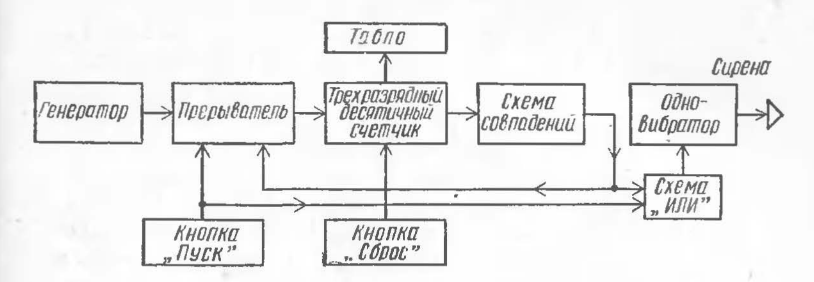


Рис. 3. Блок-схема секундомера

В данной статье описан достаточно простой для повторения секундомер, предназначенный для проведения авиамодельных соревнований по воздушному бою, изготовленный и опробованный в Центральном спортивно-техническом клубе авиационного моделизма.

Коротко о правилах соревнований по воздушному бою. В каждом бою участвуют две модели, управляемые спортсменами с помощью корд, фиксируется общее полетное время, а также время каждого участника. Ни один из промежутков времени не должен превышать 240 с (по правилам соревнований фиксируется именно число секунд). Ввиду большой звуковой насыщенности при запуске моделей, связанной с работой микродвигателей, требуется достаточно надежная информация о начале счета времени и его завершении. В ряде случаев для этого используется сирена.

Рассмотрим блок-схему устройства (рис. 3), отвечающую этим требованиям.

После включения питания и нажатия кнопки «Сброс» схема приходит в исходное состояние — счетчик обнулен и на его вход не поступают тактовые секундные импульсы с генератора. При нажатии кнопки «Пуск» прерыватель переходит в состояние, в котором он пропускает сигнал с генератора. По переднему фронту запускающего импульса одновременно срабатывает одновибратор, включающий на заданное время (3 с) сирену, опове-

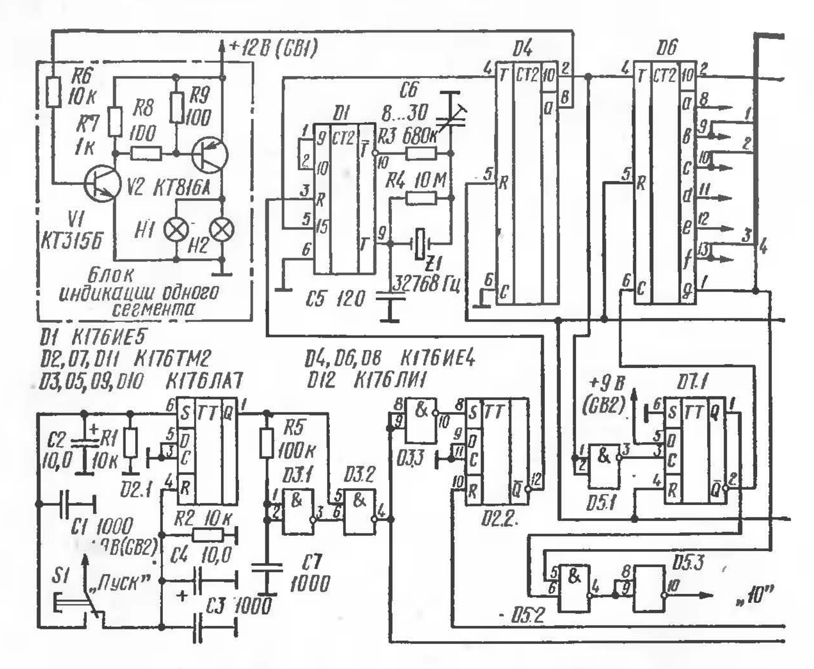


Рис. 4. Принципиальная схема секундомера

щающую о начале полетного времени. Информация о текущем времени высвечивается на табло.

По достижении счетчиком состояния 240 с схема совпадений вырабатывает импульс, по переднему фронту которого прерыватель запирается, счет при этом останавливается и одновременно, как и при запуске схемы, включается сирена, извещающая об истечении полетного времени. Для приведения устройства в исходное состояние нажимается кнопка «Сброс».

Рассмотрим теперь схемную реализацию устройства (рис. 4). Оно может быть выполнено на микросхемах разных серий. Была выбрана серия К176, отличающаяся малым потреблением вследствие выполнения по КМОП-технологии (дополнительные полевые транзисторы) и наличием достаточно интегрированных элементов в ее составе, по сравнению, например, с микросхемами, выполненными по ТТЛ-технологии (например, серия К155). Хотя последняя серия и превосходит серию К176 по быстродействию, но в данном случае вопросы быстро-

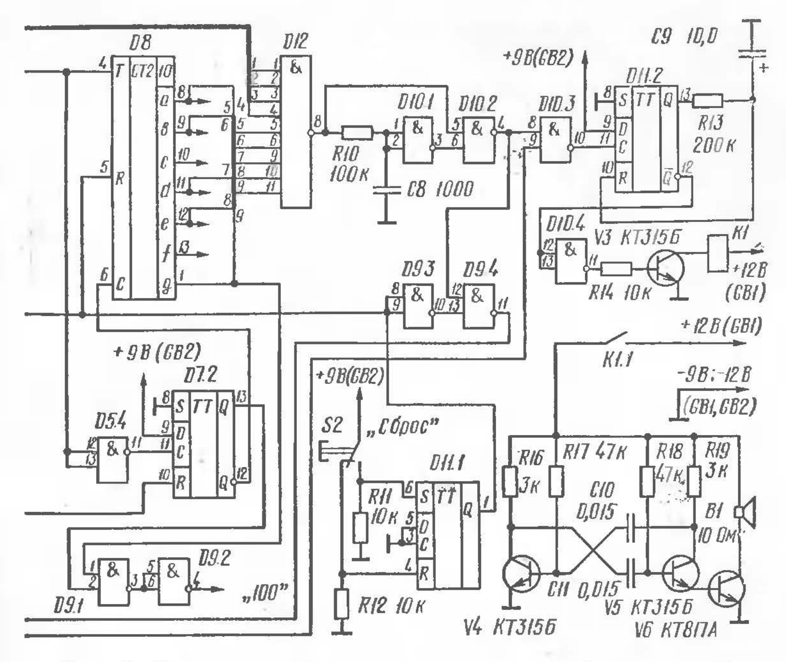


Рис. 4. Принципиальная схема секундомера (продолжение)

действия несущественны. Что же касается потребления логической частью устройства, то здесь серия К176 имеет существенные преимущества, поскольку ее потребление в статическом режиме составляет микроамперы. Это существенно еще и потому, что ввиду большого энергопотребления световым табло и «толчков» по питанию при переключении сегментов можно питать логическую часть схемы от отдельного маломощного источника (например, от батареи «Крона»).

Генератор и прерыватель секундомера выполнен на микросхеме *D1*, которая содержит элементы генератора и счетчик-делитель с коэффициентом деления 2^{15}. В цепи генератора включен кварц с частотой 32 768 Гц (или 2^{15} Гц). С входа *15* микросхемы (вывод *5*) следуют секундные импульсы, если на входе *R* (вывод *3*) присутствует логический ноль, и импульсов нет, если на входе *R* присутствует логическая единица (вход *R* в микросхеме К176ИЕ5 служит для установки счетчиков делителя в нулевое состояние). Формирование этих уров-

ней происходит с помощью *D*-триггера *D2.2*. После нажатия кнопки «Сброс» на выходе $\bar{Q}$-триггера *D2.2* возникает уровень логической единицы, что приводит к установке счетчика-делителя микросхемы *D1* в нулевое состояние. Одновременно обнуляются и микросхемы *D4*, *D6*, *D8* трехразрядного счетчика делителя числа секунд. Секундные тактовые импульсы при этом не проходят на вход микросхемы *D4*. Нажатию кнопки «Сброс» соответствует перевод ползунка переключателя *S2* в верхнее по схеме положение.

Для запуска секундомера необходимо нажать кнопку «Пуск» (ползунок переключателя *S1* переводится в верхнее по схеме положение). Этому соответствует подача уровня логической единицы (положительного потенциала питания +9 В) на вход *S* триггера *D2.1*. При этом на выходе *Q* возникает положительный фронт, по которому с помощью микросхем *D3.1*, *D3.2*, *D3.3* вырабатывается импульс стандартной длительности, определяемый постоянной времени цепочки *R5C7*. Этот импульс с выхода *D3.3* подается на установочный вход *S* триггера *D2.2*, что приводит к обнулению выхода $\bar{Q}$, т. е. снятию уровня логической единицы на входе *R* микросхемы *D1*. Одновременно этот импульс в противоположной полярности (с выхода *D3.2*) через микросхему *D10.3* подается на тактовый вход *C* микросхемы *D11.2*, на которой выполнен одновибратор. При этом уровень логической единицы с *D*-входа передается на выход *Q* микросхемы, что приводит к зарядке конденсатора *C9*. По достижении потенциала активной зоны происходит опрокидывание триггера. Счетчик-делитель микросхемы *D1* начинает делить частоту задающего генератора до частоты 1 Гц, которая подается на вход счетчика-делителя *D4*, *D6*, *D8*.

Таким образом, можно сказать, что точность работы устройства составляет величину, обратную частоте задающего генератора, т. е. $3 \cdot 10^{-5}$ с. Задержки, связанные с прохождением импульсов, при работе микросхем в данном случае несущественны, поскольку для микросхем серии К176, согласно паспортным данным, они составляют величины меньше микросекунды.

Трехразрядный десятичный счетчик выполнен на микросхемах *D4*, *D6*, *D8*, представляющий собой счетчик с дешифратором для вывода информации в семисегментном коде. Обратим внимание на схему управления данными элементами в разрядах десятков и сотен (микросхемы *D6* и *D8*). Чтобы уменьшить энергопотребление лампами табло после подачи импульса «Сброс», а также для улучшения восприятия информации, было решено оставлять светящейся цифру «0» только в разряде единиц. Для этого после подачи импульса «Сброс» уровень логической единицы, устанавливающийся на выходах $\bar{Q}$ микросхем *D7.1* и *D7.2*, подается на входы *C* микросхем *D6* и *D8*. Наличие логической единицы на входе *C* микросхемы К176ИЕ4 приводит к инверсии выходных уровней на выходах «*a*»...«*g*». Поэтому в состоянии «0» уровень выходов «*a*»...«*f*» окажется равным нулю, а уровень выхода «*g*» — единице. Для обнуления и этого выхода используются схемы 2И-НЕ (*D5.2*, *D5.3*, *D9.1*, *D9.2*), на входы которых подаются уровни с выхода «*d*» микросхемы *D6* и с выхода *Q* микросхемы *D7.1* (соответственно с *D8* и *D7.2*). Таким образом в исходном состоянии счетчика осуществляется гашение нулей в разрядах десятков и сотен.

С приходом первого импульса переноса из предыдущего разряда, например разряда единиц, в *D*-триггере *D7.1* происходит перенос уровня логической единицы, присутствующей на *D*-входе, на выход *Q* микросхемы *D7.1*, где этот уровень сохраняется, пока не будет подан импульс сброса на *R*-входы микросхем. Все сказанное относится и к разряду сотен.

По достижении счетчиком состояния 240 с на соответствующих выходах в разряде десятков и сотен появляется уровень логической единицы. Отметим, что это состояние единственное. Выходы «*b*, *c*, *f*, *g*» микросхемы *D6* и «*a*, *b*, *d*, *e*, *g*» микросхемы *D8*, помимо того что они соединяются с блоками индикации, соединены также со входами схемы совпадений *D12*. Порядок соединения несуществен, поэтому на схеме выходы микросхемы *D6* и *D8* и входы *D12* объединены одной толстой линией. Это состояние вызывает срабатывание микросхемы *D12* — девятивходовой схемы И, на ее выходе появляется положительный уровень, по фронту которого с помощью микросхем *D10.1*, *D10.2*, *D10.3* и *RC*-цепочки *R10C8* формируется короткий импульс. Этот импульс с одной стороны идет через микросхему *D9.4* на вход *R* триггера *D2.2*, что приводит к появлению логической единицы на выходе $\bar{Q}$, т. е. к прекращению счета — на табло остается гореть «240». Одновременно этот импульс поступает на вход *C* триггера *D11.2*, на котором, как

говорилось выше, выполнен одновибратор, управляющий временем работы сирены, которая на этот раз извещает об окончании полетного времени.

Коротко остановимся на устройстве табло и питании устройства. Табло выполнено трехразрядным, на нем, наряду с цифрами в семисегментном коде, имеется ряд предупредительных сигналов. Сегменты выполнены на лампочках для автомобильных салонов. Они удобны тем, что имеют продолговатую форму, а контакты выполнены на ее концах. Образец ключевой схемы, управляющей включением лампочек сегментов, приведен только для одного сегмента, остальные схемы идентичны. Обратим внимание также на входные цепи микросхемы *D2.1*. Поскольку логическая часть схемы монтируется совместно с ключевыми схемами, управляющими сегментами, в корпусе табло, а управление производится с судейского столика, то необходимо предусмотреть кабель. Для предотвращения помех ко входам присоединены сопротивления, значение которых много меньше входного сопротивления микросхем этой серии (1 МОм), а также параллельно подсоединенные электролитический и керамический конденсаторы.

Питание устройства производится таким образом. Логическая часть питается от маломощного источника напряжением 9 В. Потребляемый ток не превышает 20 мА. Лампочки сегментов питаются от автомобильного аккумулятора, что удобно в условиях кордодрома. Кроме того, для автомобильного аккумулятора нагрузка в 20 А является приемлемой в течение достаточно длительного времени (а именно такой ток потребляет табло, когда горят все три разряда цифр).

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

БЛОК ПИТАНИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ УСТРОЙСТВ

А. Варламов

При экспериментах радиолюбителей с различной радиоаппаратурой, а также при подборе транзисторов и микросхем необходим блок питания, который должен давать стабилизированные регулируемые напряжения

обеих полярностей значением до 12 В. Кроме того, зачастую надо иметь постоянное напряжение до 250 В и переменное напряжение 6,3 В частотой 50 Гц. Такой блок питания нужно снабдить индикацией напряжения и силы тока, а также защитой от коротких замыканий.

На рис. 1 приведена схема блока питания, представляющего собой два идентичных выпрямителя со стабилизаторами на положительное и отрицательное напряжение, регулируемое в пределах 3...12 В, с защитой от коротких замыканий, и выпрямителя на 250 В. Кроме того, на выходные гнезда прибора подаются нерегулируемые напряжения +22 В и —22 В, переменное напряжение 32 В для питания паяльника и переменное напряжение 6,3 В (50 Гц) для различных целей.

Значение регулируемого напряжения определяется по шкалам потенциометров. Ток с регулируемых выходов (+12 В и —12 В) измеряется амперметром, имеющим два переключаемых кнопкой диапазона: 1 А и 0,1 А.

Переменное напряжение с выводов *3* и *6* трансформатора питания *T1* подается на выходные гнезда блока «~32 В». Выводы *4* и *5* подключаются к корпусной шине через предохранители *F2* и *F3*. Это же напряжение выпрямляется мостовой схемой на диодах *V1...V4*, получаемые напряжения +22 В и —22 В с конденсаторов *C1* и *C3* подаются на выходные гнезда блока питания и на стабилизаторы напряжения. Регулируемые напряжения от 3 до 12 В со стабилизаторов подаются на выходные гнезда блока через амперметр, который подключается к плюсовому или минусовому стабилизаторам переключателем *S2*, кроме того, если ток через нагрузку будет меньше 0,1 А, то при нажатой кнопке *S3* можно точнее определить значение тока. Отсутствие короткого замыкания в нагрузке определяется по свечению красного (*V22*) и зеленого (*V21*) светодиодов.

Стабилизаторы напряжения блока идентичны и отличаются только тем, что соответствующие транзисторы их имеют различную проводимость, а стабилитроны и диоды перегрузки включены с обратной полярностью. Стабилизаторы блока собраны по компенсационной схеме с последовательным включением регулирующего транзистора. Регулировка напряжения осуществляется потенциометрами *R4* и *R13*. Элементами защиты от коротких замыканий являются резисторы *R1* и *R10*, а также диоды *V13*, *V14* и *V19*, *V20*. Ток срабатывания

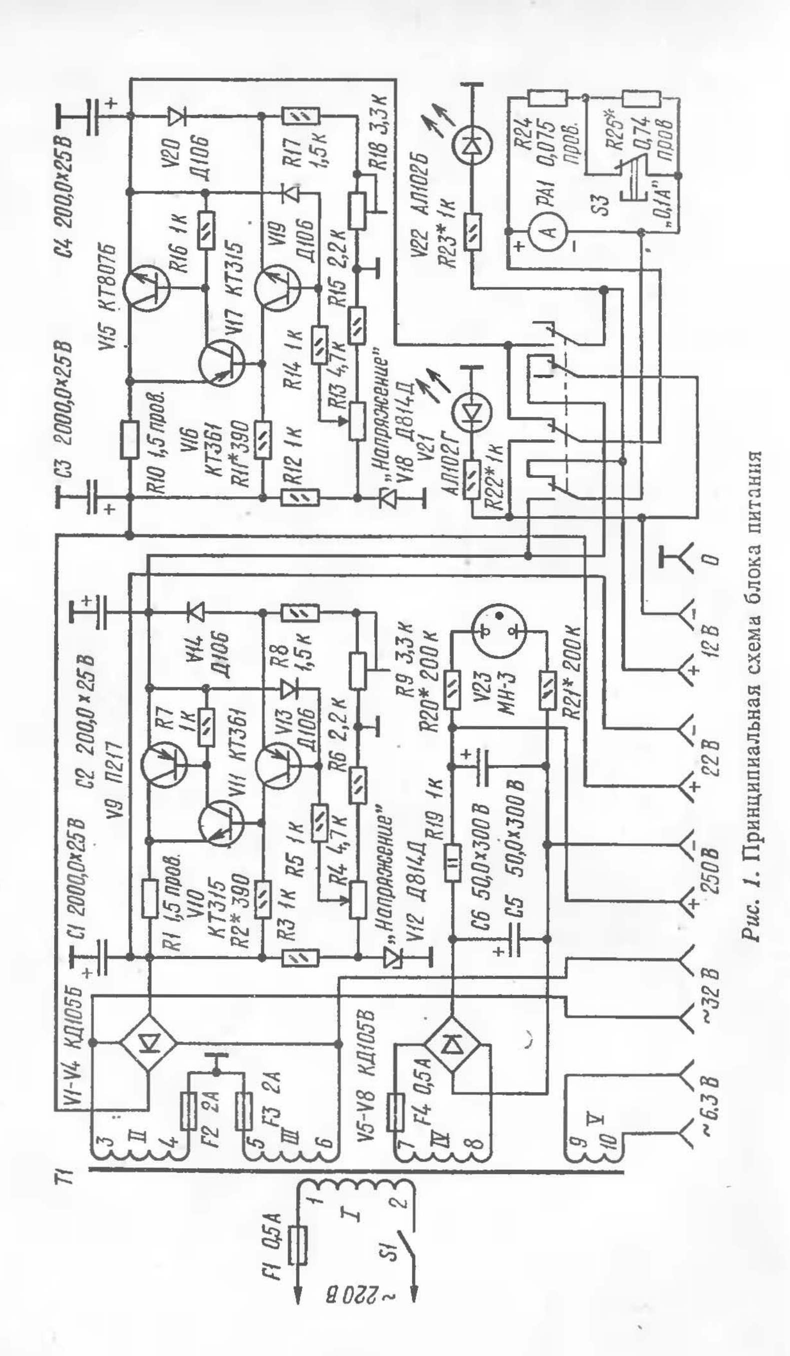


Рис. 1. Принципиальная схема блока питания

Рис. 2. Конструкция блока питания

защиты регулируется потенциометрами *R9* и *R18*. На выходе стабилизаторов включены конденсаторы *C2* и *C4*. С выводов *7* и *8* трансформатора *T1* через предохранитель *F4* напряжение 180 В подается на мостовую схему *V5...V8*, выпрямленное напряжение 250 В, через фильтр *C5R19C6* и резисторы *R20*, *R21* индицируется на индикаторе *V23* (неоновая лампочка МН-3, МН-5, ТН-0,2, ТН-0,3) и поступает на выходные гнезда блока питания. С обмотки *V* трансформатора *T1* переменное напряжение 6,3 В подается на выходные гнезда блока.

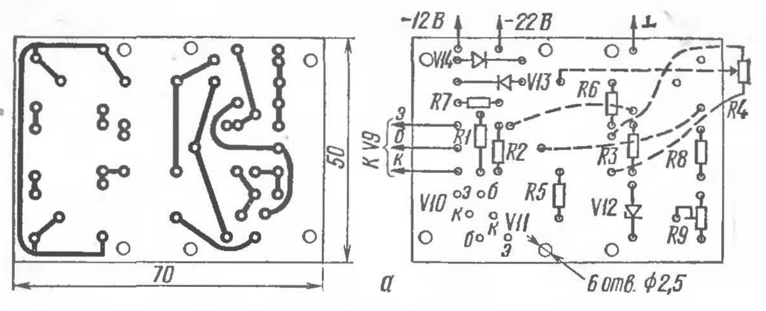


Рис. 3, а. Печатная плата стабилизатора отрицательного напряжения

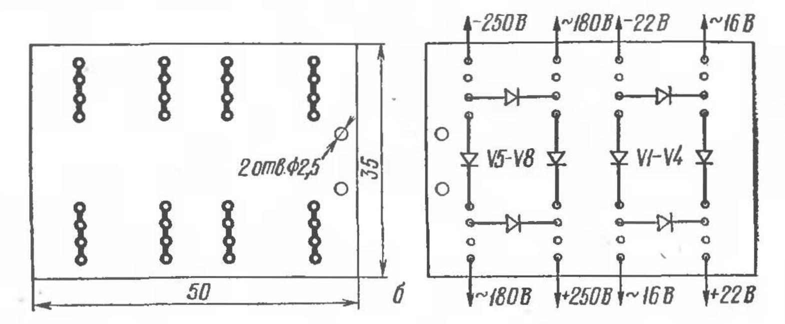


Рис. 3, б. Печатная плата выпрямителей

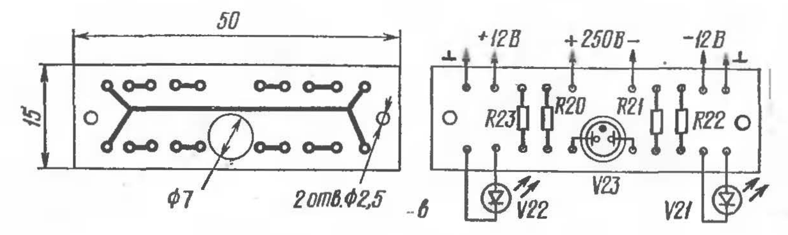


Рис. 3, в. Печатная плата индикаторов

Конструкция блока питания. Блок собран на угловом шасси (рис. 2). На шасси закрепляется тороидальный трансформатор питания *Т1* с печатной платой 7 и предохранителями, которые представляют собой напаянные проволочки, рассчитанные на соответствующие токи.

Справа и слева от трансформатора располагаются печатные платы плюсового и минусового стабилизаторов

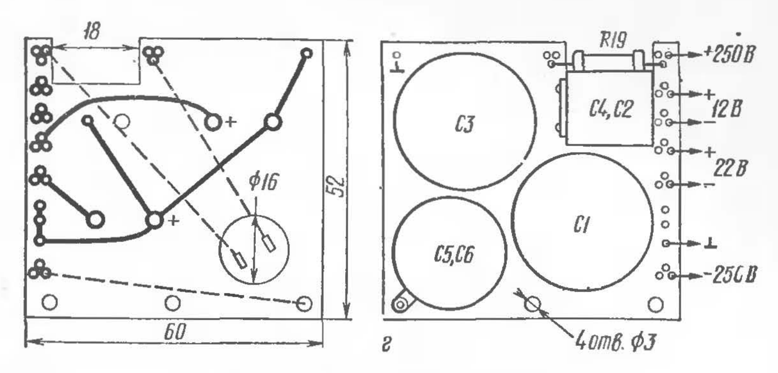


Рис. 3, г. Печатная плата фильтров 1

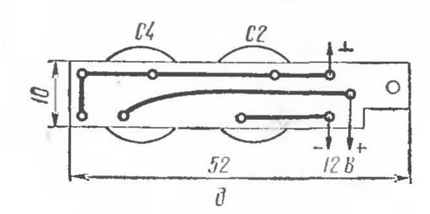


Рис. 3, д. Печатная плата фильтров 2

с радиаторами *1* и *2*. За трансформатором — плата выпрямителей *3*.

Печатная плата фильтра *6* укрепляется на печатной плате фильтра *5* небольшим уголком. Остальные платы закрепляются на шасси также уголками. Все печатные платы изготовляются из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм. Они представлены на рис. 3. Плата стабилизатора положительного напряжения *2* аналогична плате *1*, только резистор *R18* ставится наверх. Плата переворачивается. На передней панели крепятся печатная плата индикаторов *4*, потенциометры *R13* и *R4*, служащие для установки напряжений, гнездовая часть разъема РП10-11 с выводами всех напряжений блока, амперметр типа М4203 с переключателем движкового типа *S2*, который взят от транзисторного переносного приемника. На передней панели блока, слева от амперметра, располагаются кнопка *S3* типа КМ1-1 (для переключения амперметра на предел 0,1 А), выключатель сети типа МТ-1, а также шнур для подключения сети и отверстия для регулировки потен-

циометрами *R9* и *R18* (для установки силы тока срабатывания защиты). Передняя панель закрывается фальшпанелью, на ней закрепляется этикетка с обозначением напряжений на выходных гнездах блока. Сверху блок закрывается П-образной крышкой. Задняя стенка имеет вентиляционные отверстия.

На рис. 4 изображен радиатор охлаждения для транзистора П217. Радиатор для КТ807Б аналогичен, однако отверстия будут иные.

Детали блока питания. Трансформатор *T1* тороидальный, сечение сердечника 4,5 см², средний диаметр 50 мм. Сетевая обмотка рассчитана на 220 В,

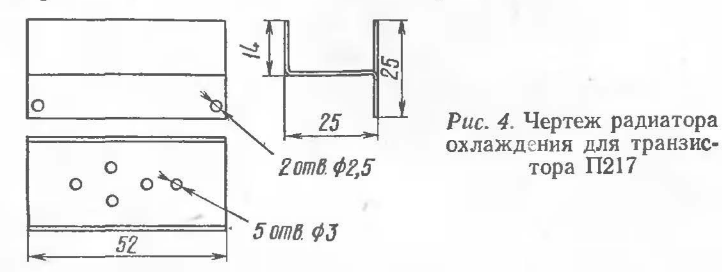


Рис. 4. Чертеж радиатора охлаждения для транзистора П217

содержит 1600 витков провода ПЭВ-1 0,23. Обмотки *II* и *III* содержат по 124 витка провода ПЭВ-1 0,51, обмотка *IV* — 1380 витков провода ПЭВ-1 0,12, обмотка *V* — 50 витков провода ПЭВ-1 0,75. Экранная обмотка — один слой провода ПЭВ-1 0,12. Трансформатор может быть намотан на Ш-образном или другом магнитопроводе с сечением не менее 5 см².

В мостовых схемах применены диоды КД105Б и КД105В, могут быть использованы диоды КД202, а также блоки диодов КЦ402. Конденсаторы фильтров типа К50-6 (*C5*, *C6* — К50-7) можно заменить другими на соответствующие емкости и напряжения. Резисторы *R1*, *R10*, *R24* и *R25* — проволочные. Резистор *R25* рассчитан на ток до 100 мА, остальные проволочные — резисторы на ток до 1 А. Резистор *R19* типа ВС на 2 Вт, все другие резисторы — маломощные на 0,1...0,25 Вт. Переменные резисторы *R4* и *R13* типа СП4-1 и подстроечные *R9* и *R18* могут быть заменены другими типами резисторов.

Транзисторы П217 могут быть заменены на П213... П216, транзистор КТ807Б — на КТ815, КТ817.

Транзисторы КТ315 и КТ361 могут быть тоже заменены другими соответствующими.

Статический коэффициент усиления тока базы $h_{21э}$ транзисторов — 50...100. Стабилизаторы типа Д813Д, диоды перегрузки Д106 могут быть заменены на Д101... Д105 или другие аналогичные.

В качестве переключателей амперметра могут быть использованы переключатели П2К.

При замене деталей нужно соответственно увеличить размеры шасси и печатных плат. Схема упростится, если в блок питания поставить два амперметра и исключить переключатель *S2*.

Настройка и работа с блоком питания. Все детали должны быть проверены перед установкой в блок, правильно собранное устройство требует подбора резисторов, отмеченных звездочкой на схеме.

При включении блока в сеть с напряжением 220 В загораются индикаторы +12 В, —12 В и 250 В. Напряжения устанавливаются соответствующими потенциометрами, затем подключаются токосъемные провода, снабженные штырьками для подключения к разъему «Выход».

Если в нагрузке испытываемой конструкции возникнет короткое замыкание, то соответствующий индикатор гаснет. Необходимо устранить короткое замыкание, а затем снова включать блок.

Если емкость запитываемого прибора больше 100 мФ, то за счет броска тока на заряд возможно срабатывание защиты от коротких замыканий, при этом достаточно отключить на короткое время этот прибор и затем снова его подключить. Нерегулируемые напряжения снимаются с гнезд разъемов «0» и «+22 В» или «0» и «—22 В». Напряжение «—250 В» и переменные напряжения 32 В и 6,3 В снимаются с соответствующих гнезд блока питания. С гнезда «0» и одного из гнезд «~32 В» можно получить переменное напряжение 16 В. Переменные напряжения 32 В и 6,3 В можно суммировать, получим 38,3 В.

Литература

Артамонов Б. И., Бокуняев А. А. Источники электропитания радиоустройств.— М. : Энергоиздат, 1982.

Мазель К. Б. Трансформаторы электропитания.— М. : Энергоиздат, 1982.

Малинин Р. Упрощенный расчет трансформаторов питания.— Радио, 1980, вып. 11, с. 62.

СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В ЦИФРОВЫХ ПРИБОРАХ

А. Евсеев

В данной статье речь пойдет о способах измерения частоты, периода, отношения двух частот, постоянного напряжения и силы тока, емкости конденсаторов и сопротивления резисторов в измерительных приборах с цифровым отсчетом.

В основу работы подавляющего большинства цифровых приборов положен принцип преобразования измеряемой электрической величины в частоту f с последующим измерением ее электронным счетчиком.

На рис. 1 представлена упрощенная структурная схема цифрового прибора. Измеряемая электрическая величина поступает на входное устройство *ВУ*, где преобразуется к стандартному виду, пригодному для подачи на преобразователь электрических величин в частоту ПЭВЧ. Здесь измеряемая электрическая величина преобразуется в значение частоты, пропорциональное этой величине. Импульсы с ПЭВЧ поступают на электронный счетчик импульсов *Сч*, и цифровые индикаторы И высвечивают значение измеряемой величины. Управление работой всех узлов прибора обеспечивает управляющее устройство *УУ*, которое определяет режим и диапазон измерения, время индикации и осуществляет возврат устройства в исходное положение.

Остановимся на способах измерения частоты f_x. Существуют несколько методов измерения частоты, но в настоящее время наибольшее распространение получил электронно-счетный, который основан на подсчете числа импульсов измеряемого сигнала за образцовый промежуток времени T_0.

На рис. 2 приведена структурная схема частотомера. С входного устройства *ВУ* через селектор импульсов *СИ* сигнал измеряемой частоты поступает на счетчик *Сч*. Формирователь образцовых интервалов времени *ФОИВ* управляет работой селектора таким образом, что последний пропускает на счетчик n импульсов в течение эталонного периода времени T_0. Результат измерений высвечивается индикатором И, причем $n = T_0 \cdot f_x$. Обычно T_0 выбирается равным 0,01 с; 0,1 с; 1,0 с; 10 с, поэтому с индикаторов можно считывать непосредственно значе-

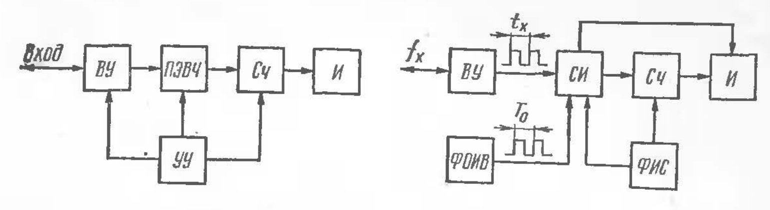


Рис. 1. Упрощенная структурная схема прибора

Рис. 2. Структурная схема частотомера

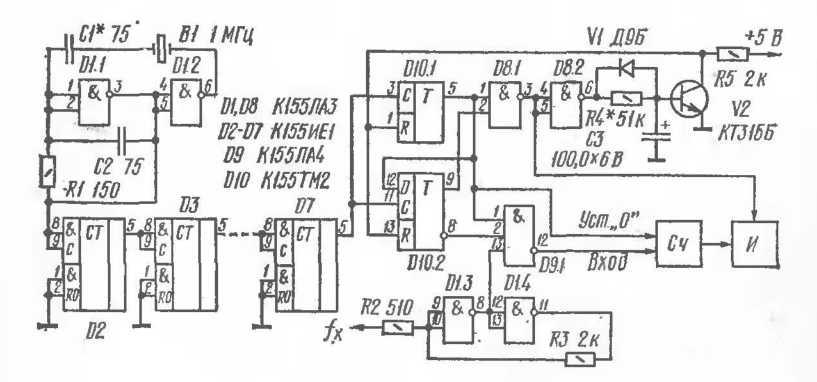


Рис. 3. Принципиальная схема частотомера

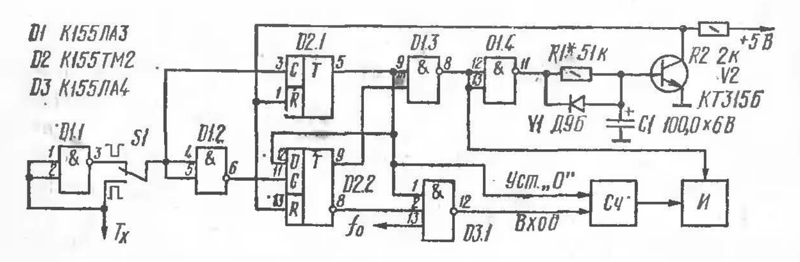


Рис. 4. Принципиальная схема измерителя длительности импульсов

ние частоты. На рис. 3 представлена принципиальная схема частотомера, собранного в соответствии со структурной схемой рис. 2.

Формирователь образцовых интервалов времени представляет собой кварцевый генератор, выполненный на логических элементах *D1.1* и *D1.2*, и декадные делители частоты на микросхемах *D2...D7*. Сигнал измеряемой частоты подается на простейший формирователь на элементах *D1.3*, *D1.4* и с него — на вход логического элемента *D9.1*, выход которого соединен со счетным входом счетчика. Логический элемент *D9.1* вместе с двумя *D*-триггерами *D10.1*, *D10.2* образуют селектор импульсов. *D*-триггер работает следующим образом: после прихода синхронизирующего импульса на вход *C* на выходе триггера устанавливается такой логический уровень, который был на входе *D* до прихода импульса.

Допустим, что на выходах триггеров (выводы *5* и *9*) имеется уровень логического 0, а счетчик находится в нулевом состоянии, в этом случае на выходе *D9.1* логическая 1 и импульсы на счетчик не подаются; транзистор *V2* закрыт. После прихода первого же положительного перепада напряжения на входы *C* триггер *D10.1* переключается в противоположное состояние, и импульсы начинают поступать на счетчик. С приходом следующего положительного перепада (т. е. через интервал времени T_0) триггер *D10.2* переключается в противоположное состояние, и поступление импульсов на счетчик прекращается.

Цифровые индикаторы высвечивают значение частоты, одновременно начинает заряжаться конденсатор *C3*. Через некоторое время транзистор *V2* открывается, счетчик сбрасывается, и устройство возвращается в исходное состояние. Максимальное значение частоты, измеряемое частотомером, определяется быстродействием элементов, числом разрядов счетчика *N* и длительностью образцового интервала времени T_0 и определяется по формуле

$$f_{x_{\max}} = \frac{10^N - 1}{T_0}.$$

Так, при $N=5$ и $T_0=1{,}0$ с максимальная измеряемая частота равна 99,999 кГц.

Подбором резистора *R4* можно изменять время индикации значения частоты.

Если на входы *C D*-триггеров подавать не сигнал с делителя частоты, а импульсы второй неизвестной частоты f_y, то прибор будет измерять отношение двух частот f_x/f_y. При этом должно соблюдаться условие $f_x > f_y$.

На рис. 4 показана схема для измерения длительности импульсов T_x. Сущность метода состоит в подсчете числа импульсов опорной частоты f_0, прошедших на счетчик в течение времени T_x. Длительность импульса определяется формулой $T_x = n/f_0$, где n — число, считываемое с индикаторов счетчика.

Изменяя положение переключателя *S1*, можно измерять длительность импульсов как положительной, так и отрицательной полярности.

Измерение напряжения, силы тока, емкости конденсатора *C* и сопротивления резистора *R* сводится, как правило, к преобразованию этих величин в последовательность импульсов, длительность которых или частоту их повторения измеряют цифровым частотомером.

Существуют несколько способов построения преобразователей напряжения в частоту (ПНЧ): времяимпульсный способ двойного интегрирования, управляемый напряжением генератор и др.

На рис. 5 представлена схема генератора, управляемого напряжением. Его параметры: максимальное входное напряжение 1 В; полярность входного напряжения — отрицательная; коэффициент преобразования 1000 Гц/В; входное сопротивление 10 кОм.

На операционном усилителе (ОУ) *A1* собран интегратор напряжения и на ОУ *A2* — схема сравнения (триггер Шмитта). Перед началом цикла интегрирования конденсатор *C1* разряжен, напряжение на выходе ОУ *A1* равно 0, на выходе ОУ *A2* — небольшое отрицательное напряжение (—0,7 В), на выходе микросхемы *D1* — логическая 1 (+3,5 В); полевой транзистор *V1* закрыт. При подаче отрицательного напряжения U_x на вход генератора начинается зарядка конденсатора *C1*, и напряжение на выходе *A1* линейно нарастает. Когда оно достигнет порога срабатывания триггера Шмитта, последний перебросится в противоположное состояние; при этом на выходе *D1* появится логический 0, транзистор *V1* откроется и разрядит конденсатор *C1*. Устройство возвратится в первоначальное состояние, и цикл

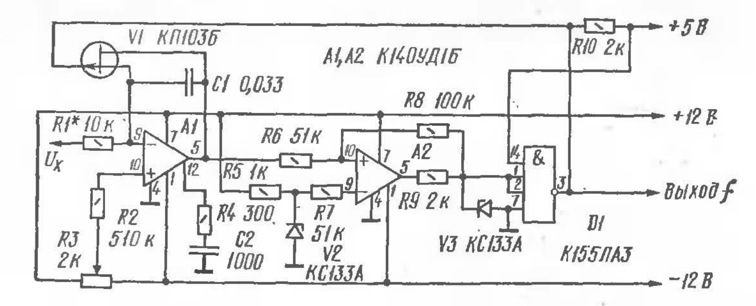


Рис. 5. Принципиальная схема генератора, управляемого напряжением

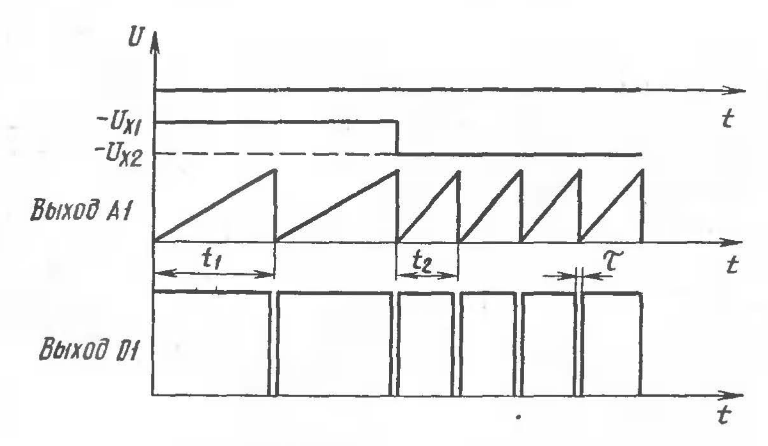


Рис. 6. Эпюры напряжений в генераторе

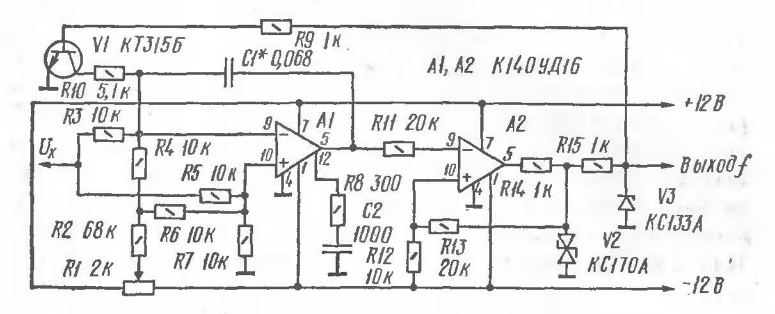


Рис. 7. Второй вариант схемы генератора

интегрирования повторится вновь. С выхода микросхемы *D1* будут следовать импульсы с частотой

$$f = \frac{U_x}{E_п R_1 C_1},$$

где $E_п$ — порог срабатывания триггера Шмитта. Из этой формулы видно, что частота, вырабатываемая генератором, прямо пропорциональна измеряемому напряжению U_x.

Порог срабатывания триггера Шмитта можно определить по формуле

$$E_п = \frac{U_{оп}(R_6 + R_8) + U_{A2} \cdot R_6}{R_8},$$

где $U_{оп}$ — напряжение на стабилитроне *V2;*

U_{A2} — абсолютное значение наибольшего отрицательного напряжения на выходе *A2*.

Для данной схемы $U_{оп}=1{,}9$ В; $U_{A2}=0{,}7$ В; при этом $E_п=3{,}2$ В. Значения элементов *R1* и *C1* выбраны таким образом, чтобы при напряжении на входе —1 В частота выходных импульсов была бы 1000 Гц.

Формула для вычисления *f* выведена в предположении, что разрядка конденсатора *C1* происходит мгновенно, т. е. $\tau = 0$ (рис. 6). В диапазоне напряжений от 0 до —1 В (частота 0...1000 Гц) время разрядки *C1* значительно меньше периода колебаний при наибольшей частоте, поэтому в названном диапазоне напряжений устройство обеспечивает достаточно линейную зависимость.

Налаживание. К выходу микросхемы *A1* подключают вертикальный вход осциллографа; движок резистора *R3* устанавливают в левое (по схеме) положение, а вход генератора U_x соединяют с общим проводом. При этом на экране осциллографа должны наблюдаться пилообразные импульсы, аналогичные показанным на рис. 6. Перемещая вправо движок *R3*, добиваются исчезновения импульсов ($f = 0$ при $U_x = 0$). После этого к выходу генератора (выход *D1*) подключают частотомер; на вход генератора подают $U_x = -1$ В и подбором резистора *R1* добиваются установления на выходе частоты 1000 Гц. На этом настройку ПНЧ можно считать законченной.

Используя делители напряжения, пределы измерения вольтметра можно расширить.

На рис. 7 представлена схема еще одного генератора, управляемого напряжением. Его основные параметры: максимальное входное напряжение 10 В; полярность входного напряжения — положительная; коэффициент преобразования 100 Гц/В; входное сопротивление 5 кОм.

В данном генераторе последовательно соединены интегратор входного напряжения и триггер Шмитта. Выходной сигнал триггера управляет транзистором *V1*, состояние которого определяет направление интегрирования входного сигнала. Допустим, что в исходном состоянии напряжение на выходе триггера (выход микросхемы *А2*) отрицательно и транзистор *V1* закрыт. В этом случае напряжение на выходе интегратора под воздействием положительного напряжения U_x линейно уменьшается (рис. 8). При достижении порога срабатывания триггера Шмитта последний перебрасывается в противоположное состояние. Транзистор *V1* открывается, и начинается интегрирование напряжения U_x в противоположном направлении. При достижении уровня срабатывания триггера устройство возвращается в исходное состояние, и цикл повторится вновь. Частота периодического процесса может быть вычислена по формуле (при условии $R_3=R_4=R_5=R_6=R_7$)

$$f = U_x \frac{R_{12}+R_{13}}{4R_{12}R_3C_1U_{ст}},$$

где $U_{ст}$ — напряжение стабилизации стабилитрона *V2*.

Налаживание генератора аналогично налаживанию предыдущего устройства и состоит в перемещении слева направо движка переменного резистора *R1* до срыва колебаний (при этом $U_x = 0$).

Измерение силы тока основано на измерении падения напряжения на образцовом резисторе R_0, которое создает протекающий через него измеряемый ток I_x (рис. 9, *а*). Образующееся падение напряжения $U_x = R_0I_x$ преобразуется затем в частоту одним из известных, рассмотренных выше, способов. Если измеряемый ток чрезмерно мал, его пропускают через простейший усилитель, показанный на рис. 9, *б*. При этом минимальный измеряемый ток определяется по зависимости

$$I_{x\,min} = \frac{I_{вх}}{\delta} \cdot 100\ \%,$$

где $I_{вх}$ — входной ток операционного усилителя;
δ — заданная точность измерения, %.

Так, при использовании ОУ К140УД1Б с $I_{вх}=6$ мкА и заданной точностью 1 % минимально измеряемый ток составит 600 мкА. Выходное напряжение U_x связано с током I_x зависимостью

$$U_x = -R_{oc}I_x.$$

Измерение сопротивления основано на измерении падения напряжения, создаваемого образцовым током I_0 на измеряемом сопротивлении R_x (рис. 10). Стабилизатор тока собран на транзисторе *V1* и резисторе *R1*, сила тока I_0 настраивается резистором *R1*. Значение напряжения U_x, снимаемого с выхода ОУ, пропорционально R_x:

$$U_x = \frac{R_3}{R_2} I_0R_x.$$

Образцовый ток I_0 должен в несколько десятков раз превосходить входной ток ОУ. Схему рис. 10 целесообразно использовать при измерении малых сопротивлений (таких, что падение напряжения на R_x составляет не более 0,1 $E_п$; в противном случае образцовый ток I_0 будет зависеть от R_x, а это приведет к погрешности измерения). Так, при $I_0=1$ мА и $E_п=10$ В наибольшее значение R_x составит 1000 Ом.

Значение R_1 определяется из формулы

$$R_1 = \frac{U_{отс}}{I_0},$$

где $U_{отс}$ — напряжение отсечки транзистора *V1*.

Для измерения больших сопротивлений целесообразно использовать ту же схему, но измеряемый резистор включать в цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя, а вместо R_x взять резистор известного номинала. При этом

$$U_x = \frac{R_xI_0}{R_2} R_3.$$

Полученное напряжение подается на преобразователь напряжения в частоту.

Выбирая различные значения I_0, R_0, R_2, R_3, можно получить разные пределы измерения R_x.

Еще один способ измерения сопротивления — включение его во времязадающую цепь интегратора. Например, для схемы рис. 5 имеет место соотношение

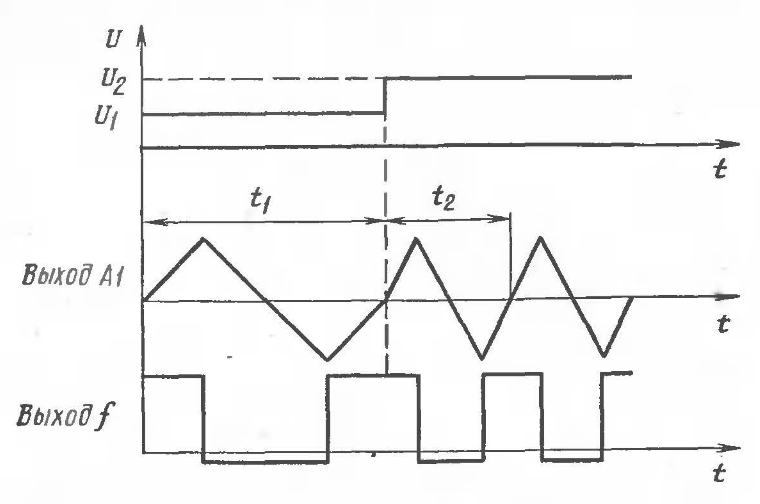
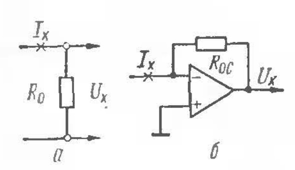


Рис. 8. Эпюры напряжений в схеме второго варианта генератора



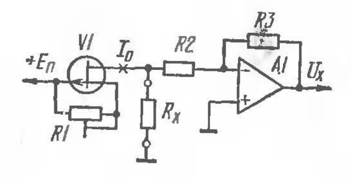


Рис. 9. Измерение силы тока:
а — принцип измерения;
б — схема усилителя

Рис. 10. Схема измерения сопротивления

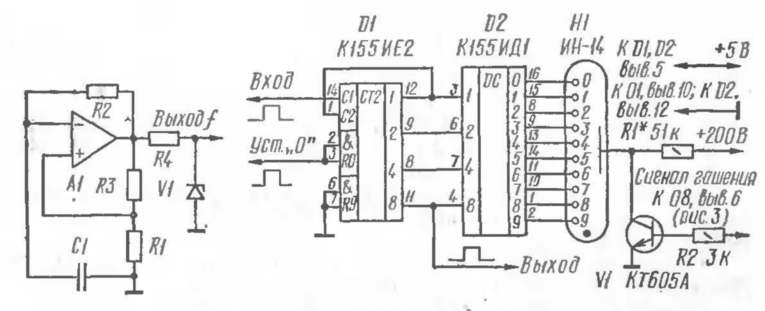


Рис. 11. Схема автоколебательного мультивибратора

Рис. 12. Схема декадного счетчика

$f = \frac{U_x}{E_п R_1 C_1}$. Задавая постоянные $U_x = U_0 = const$ и включая измеряемое сопротивление R_x вместо $R1$, получим $R_x = \frac{U_0}{f E_п C_1}$. Видно, что R_x и f связаны обратной зависимостью; чтобы перейти к прямой пропорциональной зависимости, можно измерять не частоту, а период получаемых колебаний или измерять отношение двух частот: эталонной (высокой) $f_{эт}$ и получаемой от генератора (низкой) f—$f_{эт}/f$. Величина этого отношения прямо пропорциональна значению R_x.

Аналогичным образом можно измерять и емкость C_x, включая ее в качестве конденсаторов $C1$ в схемах на рис. 5, 7. Частота получаемого сигнала, как и в случае с R_x, будет обратно пропорциональна C_x, а отношение $f_{эт}/f$ — прямо пропорционально C_x.

На рис. 11 показана схема автоколебательного мультивибратора, период автоколебаний которого связан следующей зависимостью со значениями входящих в него элементов: $T = 2C_1R_2 ln(1 + 2R_1/R_3)$. Видно, что значения и емкости $C1$ и сопротивления $R2$ связаны с длительностью периода T прямой пропорциональной зависимостью.

И в заключение приведем схему декадного счетчика (рис. 12). При подаче уровня логической 1 на правый по схеме вывод резистора $R2$ транзистор $V1$ открыт и индикатор $И1$ не светится; при подаче уровня логического 0 индикатор зажигается.

Во всех приведенных схемах могут быть использованы интегральные микросхемы серий К133, К155, К140, К153, К554.

Литература

Алексенко А. Г., Коломбет Е. А., Стародуб Г. И. Применение прецизионных аналоговых ИС.— М.: Радио и связь, 1981.

Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах.— Л.: Энергия, 1980.

Как повысить помехоустойчивость электронных устройств, собираемых на микросхемах серий К133, 133, К155, 155 и т. д.— Радио, 1979, № 5, с. 63.

Справочник по радиоизмерительным приборам. Под редакцией Насонова С. В.— М.: Советское радио (т. 1 — 1976, т. 2 — 1977).

Справочник по интегральным микросхемам. Под редакцией Тарабрина Б. В.— М.: Энергия, 1981.

Тычино К. К., Тычино Н. К. Многофункциональные цифровые измерительные приборы.— М.: Радио и связь, 1981.

РАДИОПРИЕМ И ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ ТЮНЕР-УСИЛИТЕЛЬ

А. Крючков

Тюнер-усилитель обеспечивает прием монофонических и стереофонических радиовещательных станций в УКВ диапазоне по принятой в СССР системе с полярной модуляцией, а также качественное воспроизведение стереофонических и монофонических передач от микрофона, электромагнитного и пьезокерамического звукоснимателей, магнитофона.

Основные технические характеристики

Тюнер	
Максимальная чувствительность приемника, не хуже, мкВ	10
Диапазон принимаемых частот, МГц	65,8...73
Диапазон регулировки АРУ, не менее, дБ	40
Избирательность по соседнему каналу при расстройке на ±100 кГц, не менее, дБ	40
Усилитель низкой частоты	
Максимальная выходная мощность усилителя на нагрузке 8 Ом, Вт	2×50
Полоса рабочих частот при неравномерности частотной характеристики не более 2 дБ, кГц	0,020...50
Регулировка тембра по высшим и низшим звуковым частотам	раздельная
Диапазон регулировки тембра относительно частоты 1000 Гц на частотах 30 Гц и 15 кГц, не менее, дБ	±20
Переходное затухание между каналами на частоте 1000 Гц при максимальной мощности, не хуже, дБ	40
Максимальная чувствительность усилителя со входа, мВ	1
Коэффициент нелинейных искажений, не более, %	0,2
Отношение сигнал/шум, не хуже, дБ	60

Принципиальная схема тюнер-усилителя изображена на рис. 1...5. Он состоит из блока УКВ, тракта промежуточной частоты (УПЧ) с ЧМ детектором, стереодекодера, предварительного УНЧ, оконечного УНЧ и блока питания.

Тюнер

Принципиальная схема блока УКВ изображена на рис. 1. Входной сигнал, выделенный контуром *1L1*, *1L2*, *1C1*, *1C2*, настроенным на среднюю частоту диапазона

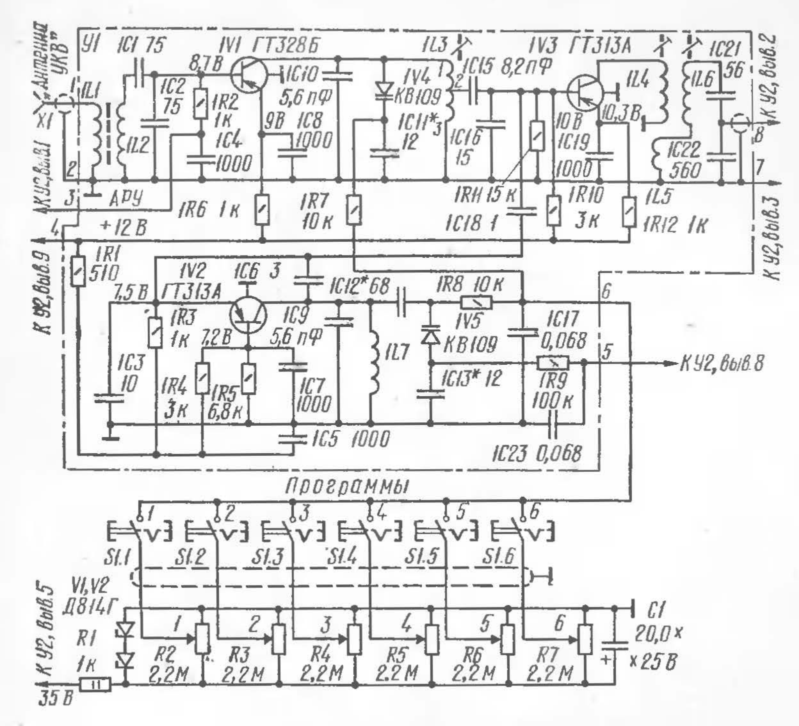


Рис. 1. Принципиальная схема блока УКВ

69,5 МГц, поступает на усилитель высокой частоты (УВЧ), выполненный на транзисторе *1V1*. УВЧ построен по схеме перестраиваемого резонансного усилителя с общим эмиттером. Частота настройки усилителя определяется значением индуктивности *1L3* и конденсатора *1C10* и емкостью варикапа *1V4*. Перестройка контуров по частоте осуществляется варикапами *1V4*, *1V5*, напряжение смещения на которые подается через переключатель *S1* с любого из потенциометров *R2...R7*. Сигнал с части витков катушки *1L3* поступает на базу транзистора *1V3*, являющегося смесителем. Нагрузка смесителя — полосовой фильтр *1L4*, *1L6*, настроенный на частоту 10,7 МГц. Гетеродин выполнен на транзисторе *1V2* по схеме емкостной трехточки с заземлением базы по переменной составляющей. Частота настройки гетеродина определяется значениями индуктивности катушки *1L7*, емкости конденсаторов *1C3*, *1C6*, *1C9* и емкостью

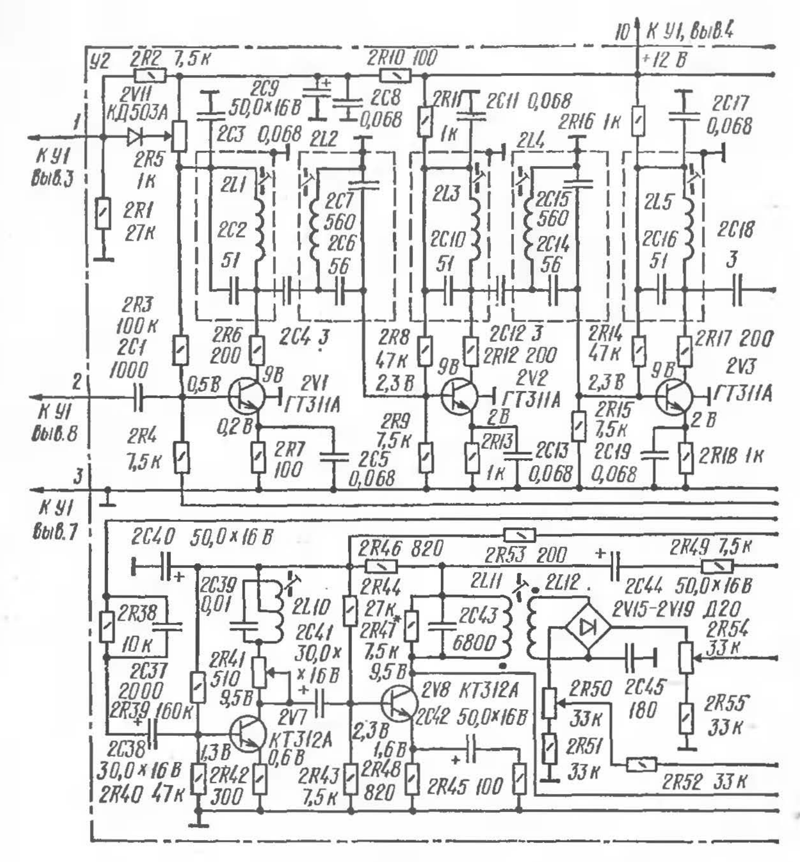


Рис. 2. Принципиальная схема УПЧ

варикапа *1V5.* Сигнал гетеродина снимается с эмиттера транзистора *1V2* и подается на базу транзистора *1V3.*

Усилитель промежуточной частоты, принципиальная схема которого показана на рис. 2, состоит из четырех резонансных усилителей, выполненных на транзисторах *2V1...2V4.* Первые три каскада идентичны. Нагрузкой каждого является полосовой фильтр. Первый каскад УПЧ снабжен автоматической регулировкой усиления. Напряжение АРУ, снимаемое с выхода дробного детектора, сглаживается цепочкой *2R26, 2C27* и подается на базу транзистора *2V1* через резистор *2R4.* Кроме того,

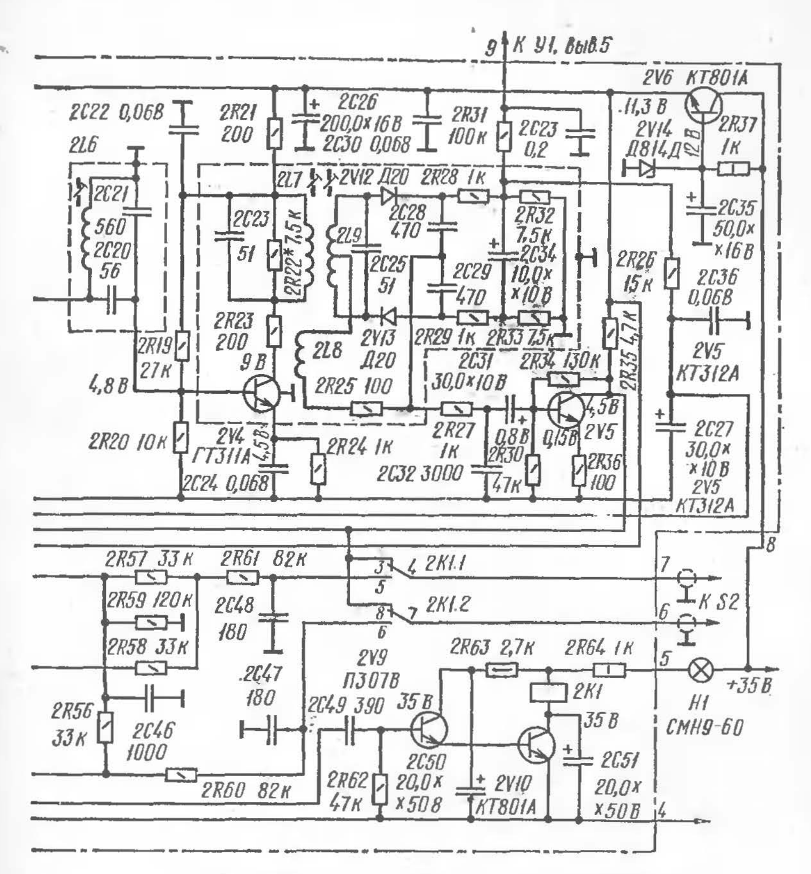


Рис. 2. Принципиальная схема УПЧ (продолжение)

напряжение АРУ, усиленное первым каскадом УПЧ, поступает на УВЧ блока УКВ. Для того чтобы увеличить соотношение сигнал-шум, срабатывание АРУ блока УКВ должно осуществляться с задержкой. Для этого применен диод *2V11,* включенный между потенциометром *2R5* и базой транзистора УВЧ.

Нагрузкой транзистора *2V4* является фазосдвигающий трансформатор *2L7, 2L8, 2L9.*

Звуковой сигнал с выхода дробного детектора через цепочку предыскажений *2R27, 2C32* подается на резистивный усилитель, выполненный на транзисторе *2V5.* Звуковой сигнал «Моно» или «Стерео» с нагрузки *2R35*

усилителя подается на переключатель *S2* и на стереодекодер.

В блоке УКВ предусмотрена автоматическая подстройка частоты гетеродина (АПЧГ). Управляющее напряжение АПЧГ снимается с выхода дробного детектора и через фильтрующую цепочку *2R31, 2C33, 1C23* подается на варикап *1V5*, осуществляя подстройку частоты гетеродина.

Стереодекодер выполнен на четырех транзисторах. Транзисторы *2V7, 2V8* непосредственно участвуют в усилении и декодировании комплексного стереосигнала, а транзисторы *2V9, 2V10* выполняют вспомогательные функции, обеспечивая работу индикаторной лампы, сигнализирующей о наличии сигнала поднесущей частоты в УКВ тракте радиоприемника. Работает декодер по суммарно-разностному принципу. С выхода частотного детектора комплексный стереосигнал поступает на базу транзистора *2V7* усилителя-восстановителя поднесущей частоты. Этот каскад восстанавливает подавленную при передаче поднесущую частоту 31,25 кГц с сохранением всех необходимых фазовых и амплитудных соотношений сигнала. Результирующая добротность контура *2L10, 2C39* в коллекторной цепи транзистора *2V7* должна быть равна добротности контура подавления в передающей аппаратуре и составлять 100. В противном случае появляется сдвиг фаз, не позволяющий получить достаточно хорошее разделение стереофонических каналов на всех частотах звукового спектра. Уровень сигнала восстановленной поднесущей частоты регулируется резистором *2R41*.

Низкочастотная суммарная составляющая стереосигнала А+В и надтональная часть сигнала поднесущей частоты, модулированной по амплитуде разностью сигналов А—В, усиливается усилителем, собранным на транзисторе *2V8*. Низкочастотная суммарная составляющая А+В, выделенная на нагрузке *2R46* через частотно-зависимый делитель *2R49, 2R59, 2C46*, поступает на резисторную схему сложения *2R50...2R52, 2R54...2R58*. Одновременно делитель *2R49, 2R59, 2C46* выполняет роль компенсатора предыскажений.

В цепь коллектора транзистора *2V8* включен трансформатор *2L11, 2L12*, первичная обмотка которого совместно с конденсатором *2C43* настроена на поднесущую частоту 31,25 кГц. Для получения необходимой компенсации предыскажений надтональной части сигнала и достаточного разделения каналов на высоких модулирующих частотах результирующая добротность этого контура на частоте 31,25 кГц должна быть около 4,9. Необходимая добротность контура устанавливается включением параллельно ему резистора *2R47*.

Во вторичную обмотку трансформатора *2L12* включен детектор, собранный на четырех диодах *2V15...2V18*. Конденсатор *2C45* во вторичной обмотке *2L12* подавляет первую гармонику поднесущей частоты. На выходе детектора получается разность сигналов А—В.

Таким образом, на резисторную схему сложения поступают суммарная А+В и разностная А—В составляющие стереосигнала. В результате их сложения и вычитания

$$(A+B)+(A-B)=2A,$$
$$(A+B)-(A-B)=2B$$

на одном выходе выделяется сигнал канала А (левый), а на другом — канала В (правый). Переходные затухания между каналами регулируются переменными резисторами *2R50* и *2R54*.

Система индикации сигнала поднесущей частоты и автоматического переключения выходов тракта УКВ в положение «Моно» или «Стерео» состоит из транзисторов *2V9, 2V10*, реле *2K1*, фильтрующих конденсаторов *2C50, 2C51* и лампочки индикации *H1*.

Сигнал поднесущей частоты подается на базу транзистора *2V9*. В результате транзистор *2V9* открывается, лампочка загорается, а реле срабатывает, и стереосигнал с выхода стереодекодера поступает на УНЧ через переключатель *S2*.

Питание УКВ тракта радиоприемника, декодера и блока УКВ осуществляется от простого стабилизатора, выполненного на транзисторе *2V6* и стабилитроне *2V14*.

Усилитель низкой частоты

УНЧ состоит из двух идентичных усилителей (рис. 3). Рассмотрим принципиальную схему только одного из них.

Предварительный УНЧ выполнен на двух транзисторах *3V1, 3V2*. При работе усилителя с микрофоном, электромагнитным или пьезоэлектрическим звукоснима-

Рис. 3. Принципиальная схема УНЧ

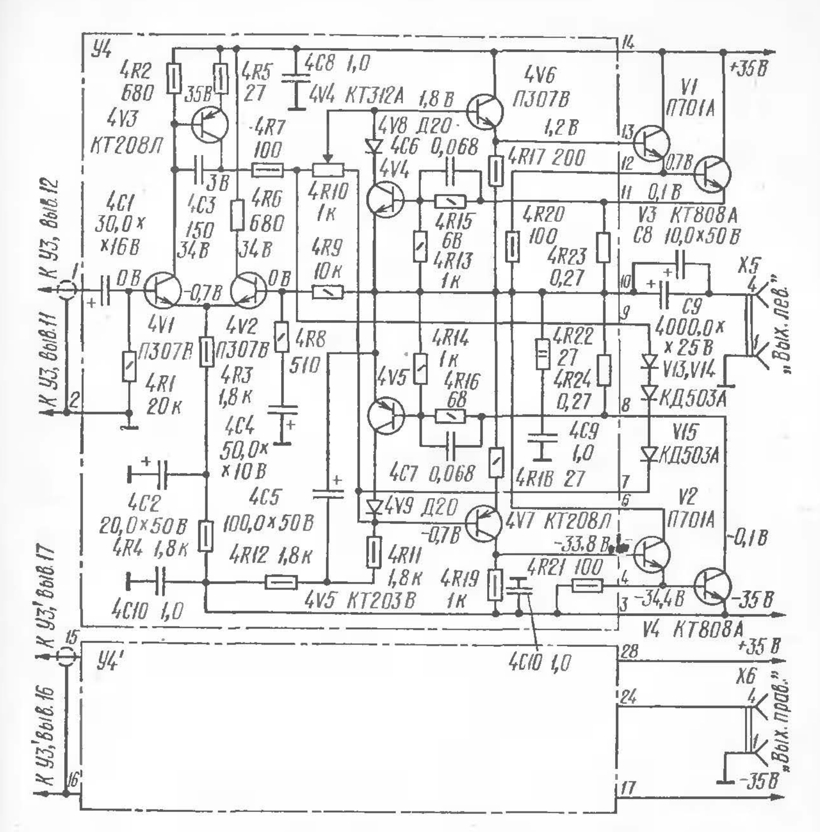


Рис. 4. Принципиальная схема усилителя мощности

телем или магнитофоном переключателем *S3* осуществляется переключение чувствительности предварительного усилителя.

На разъем *X2* можно подавать сигналы напряжением до 0,5 В с линейных выходов магнитофонов и приемников, а на разъем *X3* — сигналы напряжением до 5 В.

Звуковой сигнал с выхода предварительного каскада поступает на переключатель *S4*, обеспечивающий выбор режима работы выходных усилителей «Моно», канал левый или правый; «Моно», оба канала; «Стерео» или «Стерео реверс». Сигнал с переключателя *S4* поступает на регулятор баланса *R19* и далее на темброблок с регулятором усиления. Тембр низших частот регулируется

потенциометром *R21*, а тембр высших частот — потенциометром *R22*.

Сигнал с потенциометра *R23* («Громкость») подается на усилитель мощности, входной каскад которого выполнен на полевом транзисторе *3V3*.

Усилитель мощности (рис. 4) работает в режиме класса АВ с двумя источниками питания разной полярности. Звуковой сигнал с предварительного усилителя поступает на дифференциальный усилитель, выполненный на транзисторах *4V1*, *4V2*. Задача этого каскада обеспечить минимальный дрейф нуля тока покоя выходных транзисторов *V3*, *V4*, чему служит глубокая отрицательная обратная связь по напряжению — часть сигнала с выхода УНЧ через цепочку *4R9*, *4R8* подается на базу транзистора *4V2* в такой полярности, чтобы свести постоянное напряжение на выходе усилителя к нулевому уровню. Кроме того, введение глубокой отрицательной обратной связи в УНЧ приводит к уменьшению нелинейных искажений сигнала и расширению полосы пропускания.

С выхода дифференциального усилителя сигнал поступает на транзистор *4V3*, усиливается им и через диодную цепочку *V13...V15* поступает на транзисторы фазоинвертора *4V6*, *4V7*. Диодная цепочка задает начальное смещение на базах транзисторов. Ток покоя оконечного усилителя устанавливается подстроечным резистором *4R10*. Для устранения самовозбуждения усилителя на высоких частотах применяется конденсатор *4C3*. В усилителе мощности предусмотрена защита выходных транзисторов *V3*, *V4* от перегрузок по входному сигналу и коротких замыканий на его выходе. При большом входном сигнале или коротком замыкании на резисторах *4R23*, *4R24* возникают напряжения, достаточные для открытия транзисторов *4V4*, *4V5*. В результате происходит ограничение амплитуды звукового сигнала положительной и отрицательной полярности соответственно на базах транзисторов *4V6*, *4V7*. Защита громкоговорителей при пробое выходных транзисторов осуществляется применением конденсаторов *C8*, *C9*.

Принципиальная схема блока питания показана на рис. 5. Переменное напряжение 50 В, снимаемое со вторичных обмоток силового трансформатора, подается на выпрямитель *V19...V22*. Выпрямленное напряжение, сглаженное конденсаторами *C13*, *C14*, подается на ста-

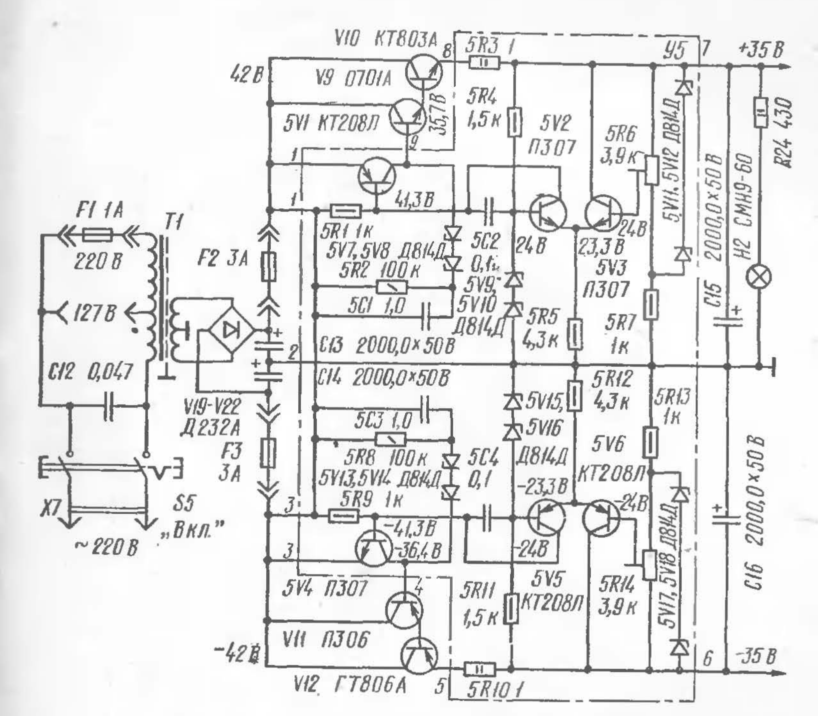


Рис. 5. Принципиальная схема блока питания

билизаторы напряжений +35 В и —35 В. В обоих стабилизаторах применена защита от коротких замыканий по выходу и автоматическое возвращение их в исходное состояние после снятия короткого замыкания. Рассмотрим принципиальную схему одного из них.

Стабилизатор напряжения +35 В собран по компенсационной схеме на транзисторах *V9*, *V10*, *5V1...5V3*. Схема сравнения состоит из делителя обратной связи *5R6*, *5R7* и источника опорного напряжения, собранного на стабилитронах *5V9*, *5V10*. Усилитель постоянного тока собран по схеме дифференциального усилителя на транзисторах *5V2*, *5V3* и является регулирующим элементом схемы. Нагрузкой УПТ служат параллельно включенные резистор *5R1* и переход база-эмиттер транзистора *5V1*. На транзисторах *V9*, *V10* собран регулируемый каскад по схеме составного эмиттерного повторителя.

Принцип работы стабилизатора заключается в следующем. Изменение выходного напряжения, вызванное

изменением напряжения сети или изменением тока нагрузки, вызывает изменение падения напряжения на резисторах *5R6*, *5R7*, т. е. изменение напряжения на базе транзистора *5V3* дифференциального усилителя. Это изменение напряжения усиливается дифференциальным усилителем и поступает на базу регулируемого каскада, собранного на транзисторах *5V1*, *V9*, *V10*. При этом внутреннее сопротивление регулируемых транзисторов *V9*, *V10*, а следовательно, и падение напряжения на них изменяются так, что напряжение на выходе остается стабильным в пределах допуска. Выходное напряжение устанавливается при помощи потенциометра *5R6*.

Схема имеет защиту элементов от короткого замыкания. При коротком замыкании нагрузки напряжение база-эмиттер транзистора *5V2* оказывается равным нулю, он запирается и переводит в режим отсечки регулируемый каскад, отключая тем самым выход стабилизатора от выпрямителя. Для запуска схемы применяется цепочка *5R2*, *5C1*, *5V7*, *5V8*.

При нормальной работе стабилизатора к стабилитрону *5V7* приложено напряжение, недостаточное для его отпирания, поэтому ток через стабилитрон не протекает, и цепь *5C1*, *5R2*, *5V7*, *5V8* не оказывает шунтирующего влияния на схему. После устранения короткого замыкания в первый момент транзистор *V10* остается закрытым, все входное напряжение приложено к переходу эмиттер-коллектор, и происходит заряд конденсатора *5C1* по цепи: плюс выпрямителя, *5C1*, *5V7*, *5V8*, переход база-эмиттер *V9*, *V10*. Значение емкости *5C1* выбрано таким, что ток зарядки конденсатора поддерживает открытое состояние транзисторов *V9*, *V10* до того момента, пока напряжение на выходном конденсаторе *C15* достигнет значения, достаточного для пробоя стабилитронов *5V9*, *5V10*, т. е. начала работы стабилизатора напряжения.

При включении стабилизатора в первый момент напряжение на его выходе равно нулю, ток через стабилитроны *5V9*, *5V10* не протекает, транзистор *5V2* переводит регулируемый каскад в режим отсечки. В этот момент все напряжение на выходе выпрямителя приложено к транзистору *V10*, а следовательно, и к цепочке *5R2*, *5C1*, *5V7*, *5V8*. Происходит пробой стабилитронов *5V7* и зарядка конденсатора *5C1*. Ток зарядки, протекающий через переход база-эмиттер транзисторов *V9*, *V10*, существует до тех пор, пока напряжение на выходном конденсаторе *C15* достигнет значения, достаточного для пробоя стабилитронов *5V9*, *5V10*, т. е. начала работы стабилизатора напряжения.

Детали и конструкция. Тюнер-усилитель смонтирован в основном на пяти печатных платах. Блок УКВ собран на плате *1*, которая помещается в металлический экран, выполненный из латуни толщиной 0,5 мм. В верхней крышке делаются отверстия для технологической настройки блока УКВ. УПЧ и стереодекодер монтируются на плате *2*. Намоточные данные катушек индуктивности даны в табл. 1.

Предварительные усилители, часть элементов темброблока и входные каскады усилителя мощности монтируются на плате *3*, усилители мощности, за исключением мощных транзисторов,— на плате *4*, а стабилизатор, кроме мощных транзисторов,— на плате *5*.

Конструктивно тюнер-усилитель собран на общем металлическом Г-образном шасси. Платы УНЧ, УПЧ со стереодекодером, стабилизаторы, силовой трансформатор и часть больших конденсаторов расположены сверху на горизонтальной плоскости шасси. Блок УКВ, выпрямитель и разделительные конденсаторы *C9*, *C11* расположены под шасси. На передней панели установлены потенциометры громкости, баланса, тембров, переключатели режима и рода работы *S1*, *S2*, *S3*, *S4*, выключатель питания *S5* и сигнальные лампочки *H1*, *H2*. Все мощные транзисторы УНЧ и стабилизатора расположены на общем радиаторе, который крепится к Г-образному шасси и располагается сзади тюнера-усилителя. К шасси и радиатору крепится кронштейн, на котором размещены все разъемы, антенное гнездо, предохранители, шнур питания и шесть потенциометров для настройки на радиовещательные станции блока УКВ.

Расположение блоков и элементов на основании шасси показано на рис. 6. Шасси с установленными на нем элементами и блоками размещено в корпусе из фанеры толщиной 10 мм. Снизу корпус тюнер-усилителя закрыт поддоном, а спереди расположена декоративная фальшпанель. Силовой трансформатор намотан на сердечнике ШЛ 20 × 32, обмотка *1—2* содержит 600 витков ПЭВ-2 0,44, *2—3* — 440 витков провода ПЭВ-2 0,37; *4—5—6* — 310 витков провода ПЭВ-2 1,0 с отводом от середины.

Таблица 1

Конструктивные данные катушек индуктивности

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Примечание
1L1	4	ПЭВТЛ-1 0,4	Бескаркасные на сердечнике марки 100 НН, длина 14 мм, диаметр 2,8 мм
1L2	6	ПЭВТЛ-1 0,4	
1L3	7 (отвод от 3 витка)	ПЭВТЛ-1 0,4	
1L4	35	ПЭВТЛ-1 0,15	
1L5	6	ПЭВТЛ-1 0,15	
1L6	35	ПЭВТЛ-1 0,15	На каркасах от телевизора «Юность» с подстроечным сердечником из феррита 100 НН, длина 12 мм, диаметр 2,8 мм
1L7	7	ПЭВТЛ-1 0,4	
2L1	35	ПЭВТЛ-1 0,15	
2L2	35	ПЭВТЛ-1 0,15	
2L3	35	ПЭВТЛ-1 0,15	
2L4	35	ПЭВТЛ-1 0,15	
2L5	35	ПЭВТЛ-1 0,15	
2L6	35	ПЭВТЛ-1 0,15	
2L7	35	ПЭВТЛ-1 0,15	
2L8	6	ПЭВТЛ-1 0,15	Наматывается на каркасе
2L9	35×2	ПЭВТЛ-1 0,15	
2L10	200 (отвод от 50 витка)	ПЭВТЛ-1 0,15	На броневых чашечных сердечниках типа Б30 из феррита 2000 НМ-1
2L11	300	ПЭВТЛ-1 0,15	
2L12	400	ПЭВТЛ-1 0,15	

Возможная замена транзисторов, диодов

ГТ328Б — ГТ328А, ГТ346А, Б
ГТ313А — ГТ322
ГТ311А — КТ368, КТ339
КТ312А — КТ315, КТ316, КТ339
П307В — КТ601А, КТ602Б, КТ940
КП302А — КП302АМ, КП305Д
КТ208Л — КТ209Л, М, КТ203А, 3107
П701А — КТ801, КТ807, К815В, КТ815Г, КТ817В, КТ817Г
КТ808 — КТ805, КТ803, КТ817Г, КТ819Г
ГТ806А — П210, КТ816Г, КТ818Г
КД503А — КД509, КД510, КА522
Д323А — Д242, Д213

Вариант номиналов элементов темброблока

3*C*6—0,5	3*R*8 —10к
3*C*7—0,022	3*R*9 —22к
3*C*8—5100	3*R*10— 2к
3*C*9—0,22	3*R*11—22к
*C*4—0,05	*R*21 —47к
*C*5—0,05	*R*22 —47к
*C*6—1000	*R*23 —22к
*C*7—1000	

В конструкции применены постоянные резисторы МЛТ, С2-10, подстроечные СП3-9, переменные СП3-12, СП1. Конденсаторы типа К50-6, КТ, КМ. Разъемы СГ-5, переключатели П2К, ПМ, предохранители ДПБ.

Настройку тюнера-усилителя следует начинать с налаживания стабилизатора. Для этого подстроечными резисторами *5R6* и *5R14* на подключенном к выходу стабилизатора эквиваленте нагрузки резисторе сопротивлением 20...30 Ом устанавливают напряжения +35 В и —35 В. Затем подключают усилители мощности и подстроечными резисторами *4R10* и *4R10'* устанавливают токи покоя УНЧ не более 50 мА. Затем проверяют напряжение питания предварительных усилителей. В работающем усилителе режимы транзисторов должны соответствовать значениям на принципиальной схеме.

Работоспособность усилителя проверяют следующим образом. На его вход подают сигнал с генератора звуковых частот. Осциллограф подключают параллельно нагрузке УНЧ (резистор 8 Ом, 40 Вт) и проверяют форму выходного сигнала. При наличии высокочастотных возбуждений увеличивают емкость конденсатора *4C3*. Затем проверяют частотную характеристику усилителя, работу регуляторов тембра, громкости, баланса, работу переключателей рода и режима работы. Затем измеряют чувствительность со всех входов.

Правильно настроить блок УКВ можно с помощью измерителя частотных характеристик Х1-19. Включают напряжение питания блока УКВ и проверяют напряжения на электродах транзисторов, которые должны быть близкими к значениям, указанным на принципиальной схеме. Сначала настраивают смеситель. Для этого на выходе блока УКВ между центральной жилой и оплеткой кабеля присоединяют нагрузку (резистор 1 кОм), равную входному сопротивлению первого каскада усили-

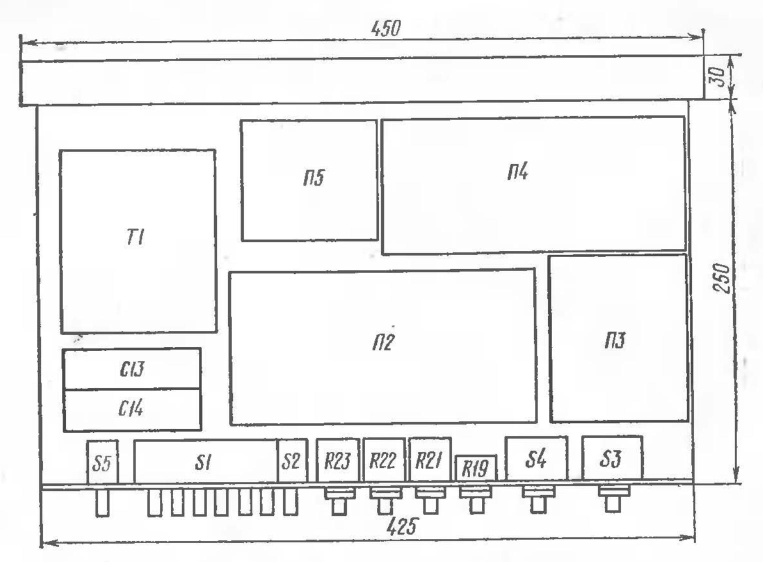


Рис. 6. Расположение блоков и элементов на основании шасси

теля промежуточной частоты, и параллельно ему подключают детекторную головку прибора X1-19. На базу транзистора *1V3* через конденсатор емкостью 100 пФ подают частотно-модулированный сигнал с измерителя частотных характеристик (выход ВЧ). Диапазон частот на приборе X1-19 устанавливают 0,5...50 МГц. При этом на экране должна наблюдаться П-образная кривая. Вращением сердечников в катушках *1L4, 1L6* контура смесителя блока УКВ добиваются, чтобы частотная характеристика имела вид, показанный на рис. 7.

Далее настраивают гетеродин. Для этого, не отключая детекторной головки от нагрузки смесителя, включают параллельно ей высокочастотный кабель прибора X1-19 (центральные жилы кабеля и детекторной головки объединить). Диапазон частот на приборе X1-19 устанавливают равным 50...150 МГц. На экране прибора будет наблюдаться метка биений напряжения гетеродина и напряжения измерителя частотных характеристик. Нажимают любую фиксированную кнопку настройки блока УКВ (например, *S1*). Потенциометром *R2* подают на варикапы *1V2, 1V5* максимальное напряжение смещения и вращением сердечника в катушке *1L7* устанавливают метку биений на частоту 85 МГц. Затем резистором *R2* устанавливают напряжение на варикапах, равное 0,5 В. При этом метка биений напряжения гетеродина и напряжения прибора X1-19 должны находиться на частотах около 74 МГц. Далее настраивают УВЧ блока УКВ. Для этого высокочастотный сигнал прибора X1-19 подают на вход блока УКВ (антенное гнездо), а детекторная головка остается подключенной к нагрузке. Вращением сердечника катушки *1L3* получают

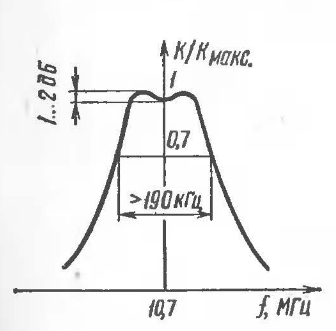


Рис. 7. Частотная характеристика блока УКВ

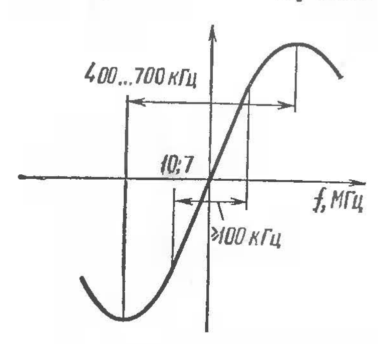


Рис. 8. Частотная характеристика УПЧ

на экране прибора частотную характеристику на частоте 64 МГц, подобную частотной характеристике смесителя, но с меньшим провалом. Затем регулировкой потенциометра *R2* настраивают блок УКВ на середину диапазона частот (т. е. частотная характеристика на частоте 69,4 МГц). Сжимая или растягивая витки катушки *1L2*, добиваются максимального усиления блока УКВ.

После этого проверяют сопряжение контуров смесителя и гетеродина по всему диапазону. Для этого потенциометром *R2* плавно изменяют напряжение настройки блока УКВ и при этом частотная характеристика на экране X1-19 должна перемещаться во всем диапазоне частот 65,8...73,0 МГц без существенных искажений (перекос горбов АЧХ в обе стороны должен быть не более ±3 дБ).

Если сквозная АЧХ сильно искажается, то необходимо изменить емкость конденсаторов *1C11, 1C12, 1C13* так, чтобы обеспечивалось необходимое сопряжение контуров по всему диапазону частот. При этом настройку гетеродина необходимо повторить.

УПЧ настроить можно с помощью прибора Х1-19. Для этого высокочастотный сигнал с измерителя частотных характеристик через конденсатор подают на базу транзистора *2V4*, предварительно отпаяв конденсатор *2C20*, а низкочастотный шланг прибора подключают к коллектору транзистора *2V5*. Диапазон частот на приборе устанавливают 0...50 МГц. Вращая сердечники катушек *2L7*, *2L9*, получают на экране прибора Х1-19 частотную характеристику, показанную на рис. 8 (линейный участок характеристики должен быть равен не менее 100 кГц).

Затем сигнал с прибора Х1-19 подают на базу транзистора *2V3*. Вращая сердечники катушек *2L5*, *2L6* и подстраивая немного сердечники катушек в фазовращающем трансформаторе, получают кривую, аналогичную кривой на рис. 8. Подобным образом настраивают первый и второй каскады УПЧ. При этом сигнал с выхода прибора Х1-19 соответственно уменьшают на 15... 20 дБ. Сквозная ширина полосы пропускания частот УПЧ должна быть в пределах 140...150 кГц, а неравномерность частотной характеристики — 1...3 дБ. Если она недостаточна, то увеличивают емкости конденсаторов *2C4*, *2C12*, *2C18* или наоборот.

Окончательно подстройку тюнера осуществляют при приеме радиовещательных станций. Для этого включают последовательно фиксированные кнопки переключателя *S1* и, вращая соответственно потенциометры *R2*...*R7*, настраивают блок УКВ на прием станции. Затем, подстраивая немного сердечники в катушках *2L7* и *2L9*, добиваются максимального сигнала при минимальных его искажениях.

Настройку стереодекодера в любительских условиях осуществляют с использованием двух звуковых генераторов, лампового вольтметра, электронного осциллографа, авометра. Один генератор имеет диапазон частот 20...20 000 Гц, другой — свыше 31,25 кГц (например, звуковые генераторы ГЗ-34). Перед настройкой стереодекодера проверяют правильность монтажа. Затем на декодер подают напряжение питания 12 В и проверяют режимы транзисторов по постоянному току, напряжения на электродах которых должны соответствовать значениям, указанным на принципиальной схеме.

От первого звукового генератора на вход стереодекодера подают сигнал 180 мВ частотой 31,25 кГц. Ламповый вольтметр подключают к коллектору транзистора *2V7* и, вращая сердечник катушки контура *2L10*, добиваются максимума показаний прибора при полностью закороченном переменном резисторе *2R41*. Далее переменным резистором *2R41* следует установить уровень восстановления поднесущей частоты 14±1 дБ. Делается это следующим образом: отмечают напряжения на коллекторе *2L7*, затем замыкают накоротко конденсатор *2C39* контура восстановления поднесущей частоты и, вращая ручку переменного резистора *2R41*, добиваются, чтобы остающееся на коллекторе транзистора *2V7* напряжение было в пять раз меньше первоначального. Затем, разомкнув конденсатор контура, снова измеряют

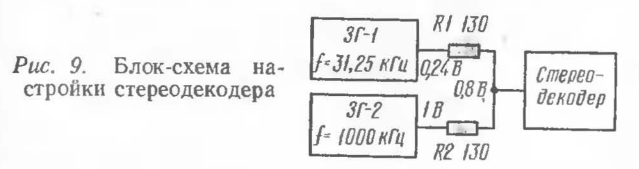


Рис. 9. Блок-схема настройки стереодекодера

напряжение, и так повторяют до тех пор, пока уровень восстановления не станет равным 14±1 дБ.

Подключив ламповый вольтметр к коллектору транзистора *2V8* и вращая сердечник трансформатора *2L11*, *2L13*, настраивают его на максимум сигнала, при этом должны включиться реле и загореться лампочка индикатора.

После этого на вход стереодекодера через схему сложения на резисторах подают сигнал поднесущей частоты 31,25 кГц от первого звукового генератора ЗГ-1 и сигнал частотой 1000 Гц от второго звукового генератора ЗГ-2. Уровни напряжений показаны на рис. 9. Общий сигнал на входе стереодекодера должен быть около 0,8 В. Таким образом, на вход стереодекодера оказывается поданным комплексный стереосигнал (сигнал поднесущей частоты 31,25 кГц, подавленный на 14 дБ и промодулированный суммой сигналов низкочастотных каналов (А+В). С помощью электронного осциллографа убеждаются в отсутствии искажений сигнала на коллекторах транзисторов *2V7* и *2V8*. На этом заканчивают предварительную настройку стереодекодера.

После этого можно приступать к окончательной настройке стереодекодера. Перед началом стереофонической

передачи для проверки передатчика радиостанция в течение 3...5 мин передает сигнал с поднесущей частотой 31,25 кГц, промодулированный суммой сигналов двух низкочастотных каналов А и В или одним из них. При приеме сигнала поднесущей частоты комплексный стереосигнал на входе стереодекодера после цепочки *2R38, 2С37* должен быть около 0,8 В. Настроив приемник точно на принимаемую радиостанцию, подключают осциллограф с вольтметром к коллектору транзистора *2V8*, и сердечники катушек *2L10, 2L11* настраиваются на максимум сигнала поднесущей частоты 31,25 кГц (поскольку звуковой генератор не может обеспечить точного значения поднесущей частоты 31,25 кГц ± 2 Гц). Затем приборы подключают к выходу А или В и, дождавшись когда поднесущая будет модулирована сигналом только одного из каналов, потенциометром *2R50* или *2R54* добиваются минимального напряжения на выходе канала, в котором нет сигнала звуковой частоты.

АВТОЛЮБИТЕЛЯМ

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТЕСТЕР

Е. Бондаренко

Описываемый автомобильный тестер позволяет измерять напряжение в электрических цепях, частоту вращения коленчатого вала двигателя n, угол замкнутого состояния контактов прерывателя γ и сопротивление цепей. Рассмотрим упрощенные схемы этого прибора в различных режимах работы.

При проверке напряжения аккумуляторной батареи целесообразно иметь шкалу вольтметра, растянутую в пределах 9...15 В. Для растяжения шкалы в измерительную цепь (рис. 1, *а*) включен источник опорного напряжения — стабилизатор на стабилитроне *V1* и резисторе *R1*. Стабилизатор получает питание от аккумуляторной батареи автомобиля.

При измерении угла замкнутого состояния контактов прерывателя используется схема, показанная на рис. 1, *б*. Пунктиром на ней изображены элементы цепей электрооборудования автомобиля: *К3* — катушка зажигания (ее

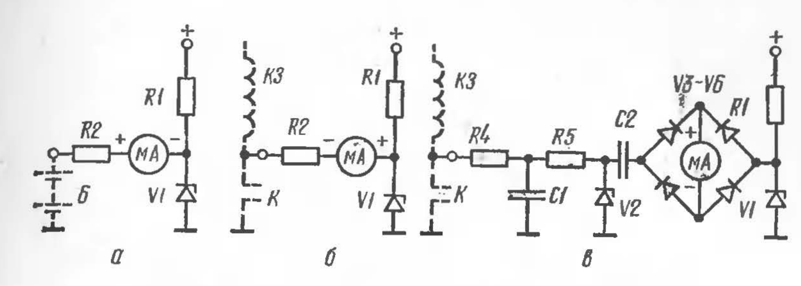


Рис. 1. Упрощенные схемы режимов работы прибора

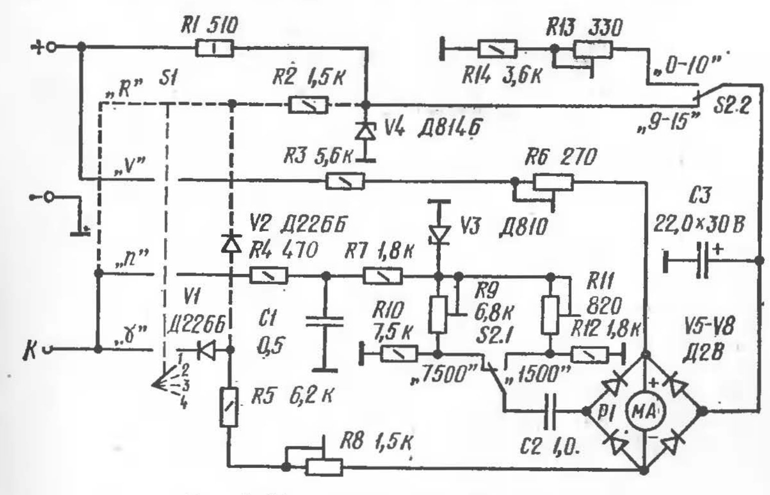


Рис. 2. Принципиальная схема тестера

первичная обмотка), *К* — контакты прерывателя. Постоянно разомкнутым контактам *К* соответствует отсутствие тока в измерительной цепи, а постоянно замкнутым — ток максимального отклонения стрелки прибора. При работе двигателя поочередное замыкание и размыкание контактов прерывателя вызывает протекание по измерительному прибору прямоугольных импульсов тока. Среднее значение тока, отмечаемое прибором, пропорционально относительной замкнутости контактов.

Схема, показанная на рис. 1, *б*, может использоваться и для измерения сопротивлений. Цепи с измеряемым сопротивлением включаются вместо контактов прерывателя. Ручка установки нуля, обычно применяемая в омметрах, в описываемом приборе не нужна, так как

измерительная цепь омметра подключена к источнику стабилизированного напряжения (*V1*).

Рассмотренные схемы (рис. 1, *а* и 1, *б*) отличаются сопротивлением резистора, включенного последовательно с измерительным прибором, а также полярностью подключения этого прибора. Чтобы не менять полярность измерительного прибора при переходе с одного режима работы на другой, прибор следует включить в схему через диодный мост.

Этот же мост используется в схеме измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя (рис. 1, *в*). Импульсы напряжения с контактов прерывателя проходят через фильтр *R4C1*, стабилизируются по амплитуде цепью *R5V2* и через конденсатор *C2* подводятся к левой (по схеме) вершине моста *V3...V6*. Правая вершина моста соединена по переменному току с общим минусом через дифференциальное сопротивление стабилитрона *V1*. Ток в диагонали моста пропорционален частоте входных импульсов, т. е. частоте вращения коленчатого вала двигателя.

Схема тестера показана на рис. 2. В цепях схемы, подлежащих наладке после монтажа, установлены переменные резисторы. Уточнив сопротивление этих резисторов в процессе наладки, их можно заменить на постоянные резисторы. Тестер подключается клеммами «+» и «—» к соответствующим точкам электрической сети автомобиля и клеммой «К» — к контакту прерывателя. Если в автомобиле установлен блок электронного зажигания, то при измерении скорости вращения коленчатого вала двигателя клемму «К» подключают не к прерывателю, а к тому из выводов первичной обмотки катушки зажигания, который соединен с выходом электронного блока. Три провода, соединяющие тестер с автомобилем, целесообразно выполнить трех разных цветов и снабдить их наконечниками типа «крокодил».

Для выбора режима работы служит переключатель *S1* галетного или кнопочного типа. Из схемы видно, что в режиме измерения частоты вращения (переключатель *S1* в положении «*n*») тестер имеет два диапазона: 0...1500 об/мин (для более точного измерения оборотов холостого хода) и 0...7500 об/мин. Диапазоны переключают контактами *S2.1* тумблера *S2*. Шкала тахометра в обоих диапазонах равномерна. При измерении частоты вращения коленчатого вала двигателя клемму

«+» к электросети автомобиля можно не подключать. Если эта клемма не подключена, то правая вершина моста *V5...V8* замкнута по переменному току с общим минусом через конденсатор *C3*.

Вторая контактная группа тумблера (*S2.2*) используется для переключения диапазонов вольтметра: при подключении правой вершины моста *V5...V8* к стабилитрону *V4* шкала растянута в пределах 9...15 В, а при подключении этой вершины к резистору *R13* шкала равномерна и имеет верхний предел 10 В. Диапазон 0...10 В удобен при измерении напряжения отдельных элементов аккумулятора и в некоторых других случаях. В частности, в «Жигулях» напряжение на штекере «85» реле контрольной лампы заряда (реле РС 702) при работе двигателя составляет 7...8 В.

При измерении угла γ, в пределах которого замкнуты контакты прерывателя, а также при измерении сопротивлений тумблер *S2* ставят в положение «9...15 В», подавая в измерительную цепь стабилизированное напряжение. Диод *V1* отключает измерительную цепь от контактов прерывателя при их размыкании, предотвращая шунтирование контактов измерительной цепью и защищая ее от высоковольтных импульсов, возникающих на контактах.

Шкала угла γ равномерна, ее крайнее левое деление соответствует нулевому углу, а крайнее правое — углу 90° (для 4-цилиндровых двигателей). В тестере применен миллиамперметр с током полного отклонения 1 мА; поэтому деления его шкалы соответствуют замкнутости контактов прерывателя в относительных долях. Для «Жигулей» допустимый угол γ лежит в пределах 52...58°. Поэтому на шкале прибора сделаны метки возле делений, соответствующих 52 : 90 = 0,578 и 58 : 90 = = 0,644. У двигателя с нормально отрегулированным контактным зазором стрелка прибора должна находиться между этими делениями. Необходимость уменьшить зазор отмечена на шкале знаком «—» слева от метки 0,578, а необходимость увеличить зазор — знаком «+» справа от метки 0,644. При измерении угла γ имеет место небольшое дрожание стрелки прибора, но отсчету оно не мешает.

Если позволяют размеры корпуса, в котором монтируется схема тестера, то в нее следует добавить электролитический конденсатор емкостью несколько тысяч мкФ,

включив его параллельно измерительному прибору. Это уменьшит дрожание стрелки прибора в режиме измерения угла γ. Постоянное подключение этого конденсатора не нарушает работу тестера в других режимах.

Положение «γ» переключателя *S1* используется и для измерения сопротивлений. Измеряемые сопротивления включают между клеммами «К» и «—». Диапазон измеряемых сопротивлений составляет 0,5...100 кОм при использовании в тестере миллиамперметра на 1 мА. Участок шкалы 0...0,5 кОм получается сильно сжатым, поэтому цепи с сопротивлением ниже 0,5 кОм можно проверять только на отсутствие обрыва.

Отсчет сопротивлений делается по графику, который можно составить, подключая к тестеру сопротивления известного значения. Владельцам «Жигулей» градуировочный график можно не делать. Достаточно подключить к клеммам «К» и «—» резистор сопротивлением 6 кОм и отметить на шкале прибора положение, в котором остановится стрелка (для прибора на ток 1 мА оно находится вблизи середины шкалы). Эта отметка позволит контролировать исправность вторичной обмотки катушки зажигания (номинальное сопротивление 6 кОм) и сопротивления помехоподавляющего резистора в бегунке распределителя (номинальное сопротивление 5... 6 кОм).

При желании сдвинуть диапазон измерения сопротивлений в сторону меньших значений в приборе следует применить переключатель *S1* на 4 положения и добавить в него цепи, показанные на рис. 2 пунктиром. В положении «*R*» переключателя *S1* тестером можно измерять сопротивления 0,1...10 кОм. Внешний вид такого тестера показан на рис. 3. Тестер собран в корпусе размерами 120×150 мм в плане и высотой 45 мм (с крышкой 70 мм). В нем применен миллиамперметр типа М5-2 на 1 мА с сопротивлением рамки 300 Ом.

Для удобства отсчета измеряемых величин шкала этого прибора заменена на самодельную (рис. 4). Градуировка шкалы «*n*» сделана в тыс. об/мин. Из-за малых размеров шкалы цифры обоих пределов измерения оборотов размещены на ней в один ряд (цифры в скобках — для предела 7500 об/мин). Малая площадь шкалы не позволила поместить на ней цифры отсчета сопротивлений (сделана лишь отметка 6 кОм). Поэтому сопротивление определяют по графикам (рис. 5), состав-

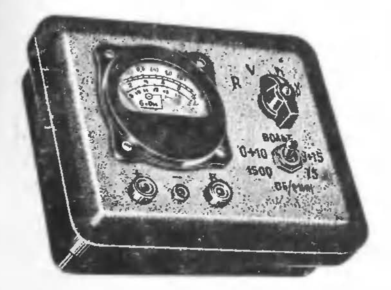


Рис. 3. Внешний вид прибора

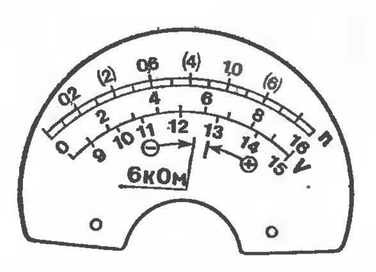


Рис. 4. Самодельная шкала

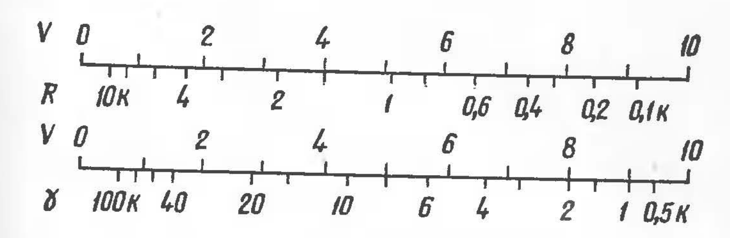


Рис. 5. Графики для определения сопротивления

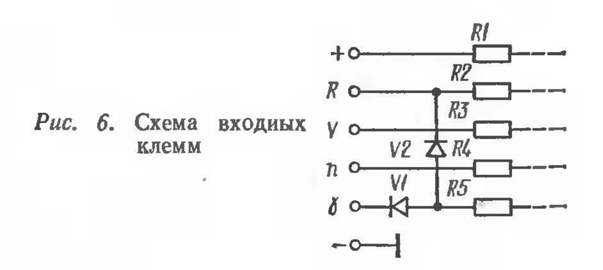


Рис. 6. Схема входных клемм

ленным для положений «*R*» и «γ» переключателя *S1*. На графиках в верхней части дана шкала напряжений «0...10 В», на нижней части — шкала сопротивлений.

Для налаживания тестера необходимы источник постоянного напряжения, регулируемого в пределах 0 ... 15 В, трансформатор, понижающий напряжение в сети 50 Гц до 10 ... 12 В, образцовый вольтметр постоянного тока и магазин сопротивлений до 100 кОм (или резистор сопротивлением 6 кОм для упрощенного варианта прибора).

Налаживание прибора осуществляют в следующей последовательности. Переключатель *S1* ставят в положение «*V*». Установив тумблер *S2* в положение «9...15 В», с помощью резистора *R6* устанавливают стрелку прибора на крайнее правое деление шкалы при входном напряжении 15 В. После этого, снижая входное напряжение через 1 В, отмечают соответствующие риски растянутой шкалы напряжений. Затем тумблер *S2* переводят в положение «0...10 В» и резистором *R13* добиваются максимального отклонения стрелки при входном напряжении 10 В.

Далее переводят переключатель *S1* в положение «γ», тумблер *S2* — в положение «0...15 В», замыкают между собой клеммы «К» и «—», после чего подбирают резистор *R8* по максимальному отклонению стрелки прибора. Графики перевода показаний миллиамперметра в значения сопротивлений (в положениях «*R*» и «γ» переключателя *S1*) составляют, включив между клеммами «К» и «—» магазин сопротивлений. Тестер в это время должен быть подключен к источнику постоянного напряжения со значением не менее 10 В.

Установив переключатель *S1* в положение «*n*», а тумблер *S2* — в положение «1500 об/мин», подают от понижающего трансформатора переменное напряжение 10...12 В на клеммы «К» и «—». Движком резистора *R11* устанавливают стрелку прибора на последнее деление шкалы. Переключив тумблер *S2* в другое положение («7500 об/мин»), движком резистора *R9* устанавливают стрелку на деление 0,2 всей шкалы (деление *2* шкалы «0...10 В»).

Тестер можно выполнить и без переключателя рода работы *S1*, применив вместо него систему из нескольких входных клемм (рис. 6). Это упрощает конструкцию прибора и удешевляет его.

ЭЛЕКТРОНИКА В БЫТУ

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ЕЛОЧНЫХ ГИРЛЯНД

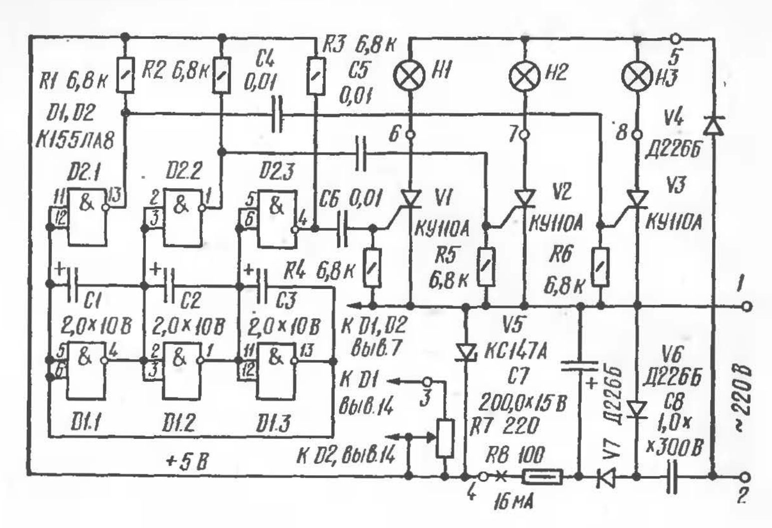
Э. Литке

Любителям новогодней иллюминации предлагается несложная схема переключателя елочных гирлянд (рис. 1). Работа его основана на биениях частоты трехфазного автогенератора с частотой сети 50 Гц.

Переключатель содержит простейший бестрансформаторный стабилизатор напряжения +5 В, две микросхемы К155ЛА8, на одной из которых собран трехфазный автогенератор, вырабатывающий импульсы, сдвинутые относительно друг друга на 120°, а на другой — формирователи этих импульсов в прямоугольные и три тринистора КУ110А, в аноды которых включены, соответственно, три последовательные гирлянды. Общая точка гирлянд подключена к сети 220 В через диод, защищающий тринисторы от обратного напряжения. Управляющие электроды тринисторов связаны с выходами формирователей через разделительные конденсаторы. Питание микросхем раздельное. Микросхема *D1* питается через реостат *R7*. Напряжение питания (+) подается на вывод *14* микросхемы. Напряжение питания изменяется в пределах 3,8...5,1 В, что позволяет регулировать частоту биений между автогенератором и сетью и подобрать желаемый эффект свечения ламп. Напряжение +5 В на микросхему *D2* подается напрямую со стабилитрона *V5*.

При приближении частоты автогенератора к частоте сети гирлянды переключаются медленно, и если частота автогенератора несколько меньше 50 Гц (на доли герц), то каждая из гирлянд поочередно медленно загорается и быстро гаснет, а если частота автогенератора больше 50 Гц, то, наоборот, быстро загорается и медленно гаснет. Создается впечатление медленного погасания или загорания свечей.

Процесс можно иллюстрировать диаграммой рис. 2. При перемещении импульсов управления тринисторами в направлении А, когда частота автогенератора больше частоты сети, вначале ярко загорается, например, гирлянда *H1* в момент времени *t1*. Гирлянда *H2* в момент *t2* будет включаться и гореть с небольшим накалом,

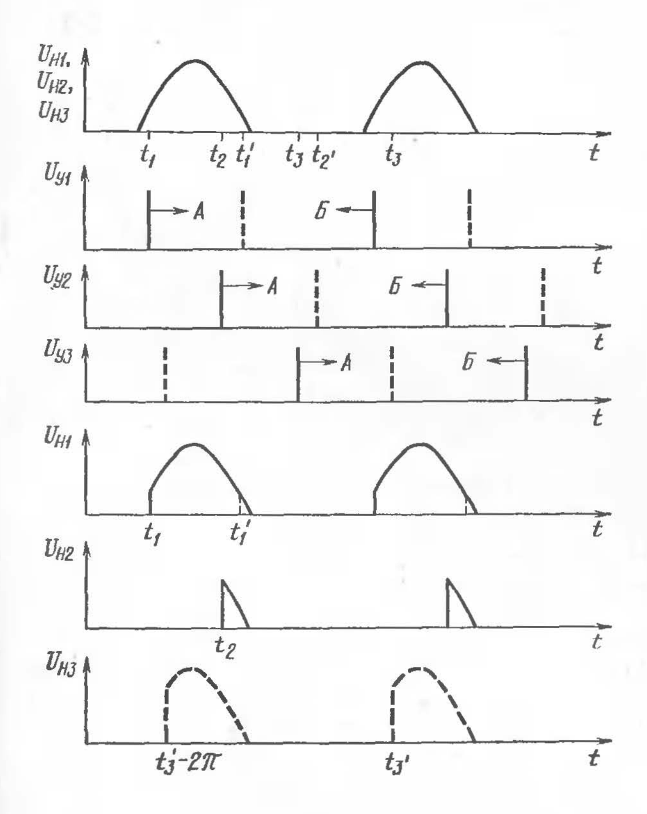

Рис. 1. Принципиальная схема переключателя

а *Н3* гореть не будет (момент времени *t3*). При дальнейшем перемещении импульсов управления на стрелке *А* в момент времени *t'1*, *t'2*, *t'3* ярко загорается гирлянда *Н3*, *Н1* будет гореть с небольшим накалом, а гирлянда *Н2* гореть не будет. Затем ярко загорится гирлянда *Н2* и т. д. по замкнутому кольцу. Угол открывания тринисторов изменяется плавно от 0 до 180°.

Если частота автогенератора будет меньше частоты сети (движение импульсов в направлении Б), то гирлянды будут загораться в противоположном рассмотренному порядке с той лишь разницей, что загорание их станет медленным, а погасание быстрым. Угол открывания тринисторов в этом случае изменяется от 180° до 0.

Эффект поочередного загорания гирлянд можно использовать в иллюминации вращающихся огней, например в «мельнице» (рис. 3). Вращение «мельницы» при указанных обозначениях гирлянд происходит либо по часовой стрелке при отставании частоты автогенератора от частоты сети, либо против часовой стрелки при опережении ее.

Мощность ламп и их количество в каждой из трех гирлянд определяется из расчета значения среднего тока, допускаемого для тринисторов КУ110А ($I_{ср} \leqslant 0,3$ А), а также номинального напряжения каждой лампы. При


Рис. 2. Диаграмма, иллюстрирующая переключение гирлянд

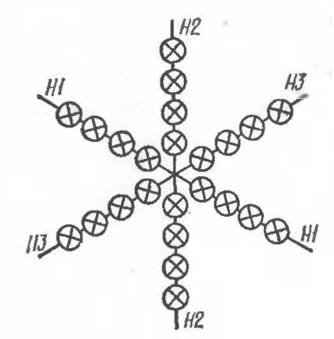


Рис. 3. Схема «мельницы»

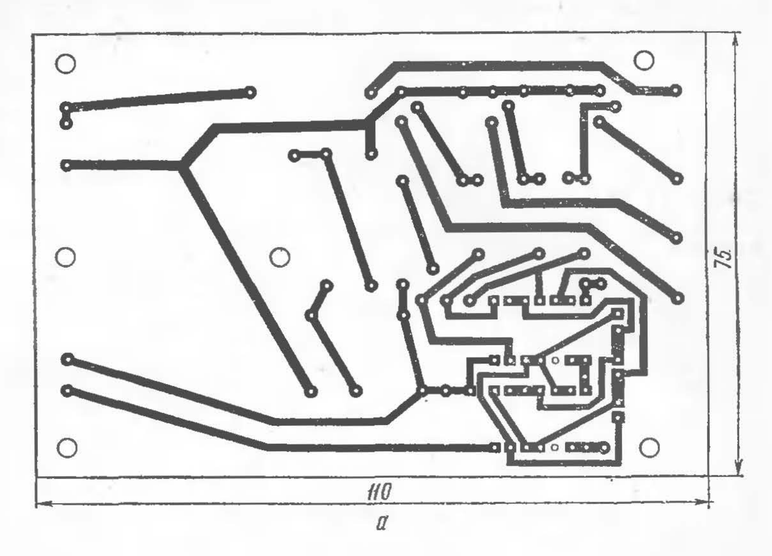


Рис. 4, а. Печатный монтаж

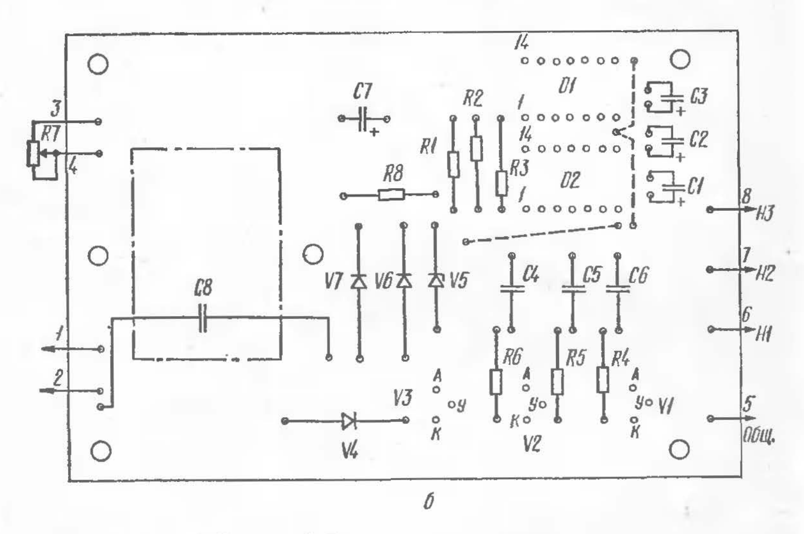


Рис. 4, б. Расположение элементов

последовательном соединении идентичных ламп их количество в гирлянде можно определить по формуле

$$N = \frac{U_{сети}}{\sqrt{2} \cdot U_{л1}}.$$

Если число ламп окажется дробным, то лучше округлить их в большую сторону.

Переключатель не требует регулировки и подбора элементов и при соблюдении указанных номиналов и безошибочном монтаже работает сразу. Диапазон регулировки частоты биений можно сузить или расширить, изменяя номинальное сопротивление резистора *R7* от 50 до 300 Ом. Для дистанционной регулировки частоты этот резистор рекомендуется закрепить в изолированной коробочке на ветках елки. На схеме общая стрелка *D1*, *D2* показывает подключение этого провода к выводам 7 микросхем *D1* и *D2*.

Печатная плата и расположение элементов на ней приведены на рис. 4, *а* и 4, *б*. Переключатель испытывался со стандартными елочными гирляндами, содержащими лампы 13,5 В, 0,16 А, при этом число ламп в каждой гирлянде было уменьшено до 12.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ С ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ИНДИКАТОРОМ

А. Фролов

В последнее время для изготовления электронных часов все чаще используют микросхемы КМОП серий — 164, 176, 564 и др. Микросхемы этих серий имеют небольшую потребляемую мощность, что дает возможность использовать для питания часов маломощные источники напряжения: батареи «Крона», аккумуляторная батарея 7Д-0,1 и др. Следует также отметить возможность работы этих микросхем в широком диапазоне питающих напряжений от 3 до 12 В.

Однако при использовании в часах газоразрядных или вакуумно-люминесцентных индикаторов остается необходимость в сетевых источниках питания ввиду большой потребляемой такими индикаторами мощности.

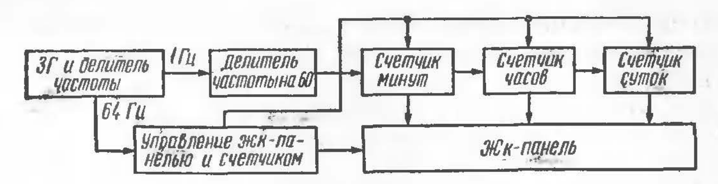


Рис. 1. Структурная схема часов

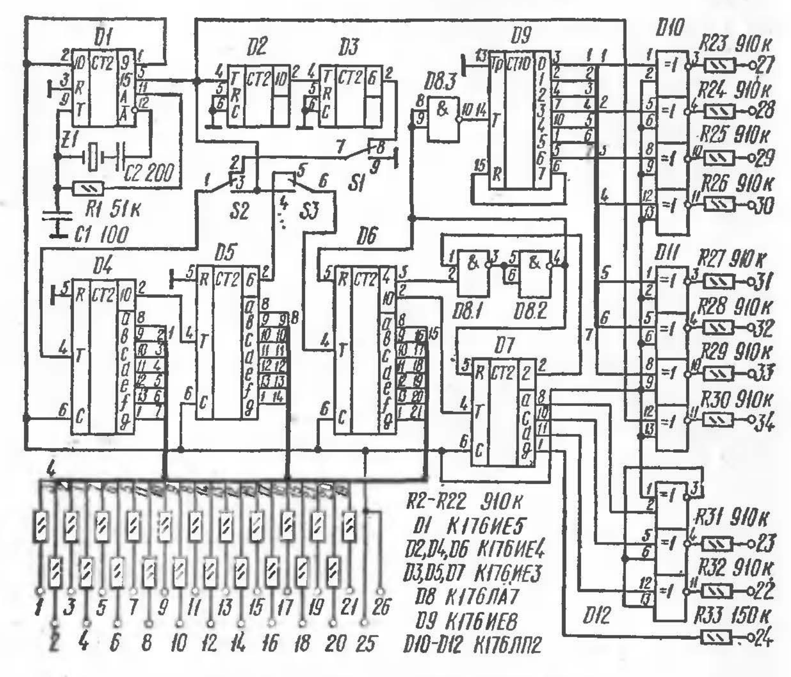


Рис. 2. Принципиальная схема часов

Применения сетевых источников питания можно полностью избежать, если использовать жидкокристаллические индикаторы. Они обладают рядом преимуществ: малые габариты, низкие напряжения питания, легко совместимые с микросхемами КМОП серий, исключительно малая потребляемая мощность и высокая контрастность изображения при любых высоких уровнях освещенности. Недостатками ЖК-индикаторов являются узкий диапазон рабочих температур и ограниченный срок службы. Кроме того, при использовании ЖК-индикаторов для индикации секунд в электронных часах значительная инерционность этих приборов может ухудшить точность отсчета времени. Для настольных часов первый недостаток несуществен, так как они работают при комнатной температуре. Для увеличения срока службы ЖК-индикаторов используется метод фазового управления, о котором будет рассказано ниже.

Структурная схема часов показана на рис. 1. Часы состоят из задающего генератора с делителем частоты до 1 Гц, делителя частоты на 60, счетчиков минут, часов и суток, блока управления ЖК-индикаторами и блока питания. Принципиальная схема часов показана на рис. 2.

В задающем генераторе и делителе частоты до 1 Гц используется микросхема *D1* (рис. 2), состоящая из генератора с кварцем на частоту 32 768 Гц и двух делителей частоты — на 512 (2^9) и на 64 (2^6), соединенных последовательно. С выхода делителя на 512 снимаются импульсы с частотой 64 Гц, используемые для управления ЖК-индикаторами. С вывода *5* микросхемы *D1* (в дальнейшем будем писать: с *5-D1*) секундные импульсы поступают на делитель частоты с коэффициентом пересчета, равным 60. Этот делитель выполнен на микросхемах *D2*, *D3*. С *2-D3* минутные импульсы подаются на счетчик минут, выполненный на микросхемах *D4*, *D5*. К *2-D5* подключается счетчик часов на микросхемах *D6*, *D7*. Для обеспечения коэффициента пересчета, равного 24, используется система автосброса, собранная на элементах *D8.1*, *D8.2*, вырабатывающая импульс сброса при достижении счетчиком часов состояния 24. Синтез цифр в семисегментном коде и работа счетчиков минут и часов подробно описаны в сборнике ВРЛ № 72, с. 57 и здесь не приводится, так как не является особенностью данной конструкции. Счетчик суток собран на микросхеме *D9*, представляющей собой двоично-десятичный счетчик с дешифратором. Для обеспечения коэффициента пересчета, равного 7, вывод *15-D9* сброса на нуль подключен к *6-D9*, т. е. к выводу дешифратора. При переключении этой микросхемы из состояния *7* в состояние *8* положительный перепад напряжения на *6-D9* сбрасывает счетчик суток в нуль.

Для установки текущего времени используются переключатели *S1*, *S2*, *S3*. Для остановки часов надо переключить *S3*. При переключении *S1* и *S2* секундные импульсы с *5-D1* будут проходить соответственно на

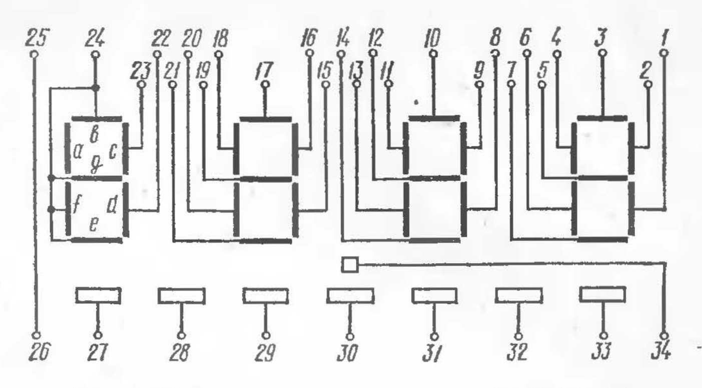


Рис. 3. Жидкокристаллическая панель ИЖКЦ2-4/24

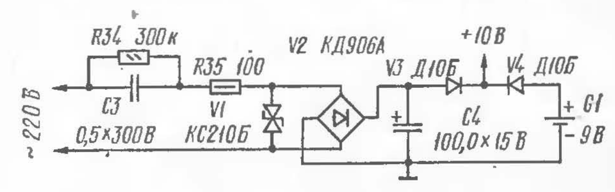


Рис. 4. Схема блока питания

счетчик минут и счетчик часов и суток. После установки времени *S1* переключается в положение, показанное на рис. 2, и работа часов возобновляется.

Рассмотрим фазовое управление ЖК-индикатором. Для продления срока службы ЖК-индикатора необходимо устранить постоянную составляющую тока через него. Это можно сделать, если питать индикатор переменным током, например прямоугольной формы. Если выводы индикатора подключить к прямому и инверсному выходам триггера, то при его переключении из одного состояния в другое ток через индикатор будет течь то в одном направлении, то в другом, постоянная составляющая тока будет равна нулю. Для того чтобы была возможность включать и выключать индикатор, необходимо поступить следующим образом: подавать на каждый вывод индикатора прямоугольные импульсы со скважностью, равной 2. Тогда если эти импульсы синфазны, то ток через индикатор не пойдет, а если противофазны, то ток пойдет, причем его постоянная составляющая будет равна нулю. Таким образом, управляя фазой импульсов на одном из выводов индикатора, можно управлять работой ЖК-индикатора. Этот метод управления называется фазовым управлением.

В данной конструкции применена жидкокристаллическая панель ИЖКЦ2-4/24 (рис. 3), на которой размещены четыре семисегментных элемента, запятая и семь прямоугольников для отображения дня недели. Размеры панели 5×55×95 мм. Малая толщина панели способствует уменьшению размеров часов. Общий вывод панели (*26, 25*) подключается к *1-D1*, где имеются импульсы с частотой 64 Гц. Сегменты панели через токоограничивающие резисторы подключены к выходам дешифраторов (кроме дешифратора микросхемы *D7*). На выводы *6* микросхем *D4, D5, D6, D7* подаются те же импульсы с частотой 64 Гц, что и на общий вывод панели. В те моменты, когда напряжение на выводах *6* соответствует логическому 0, на выходах дешифраторов присутствует прямой семисегментный код, а когда оно равно логической 1, то инверсный код. Включаются лишь те сегменты, напряжение на которых будет в противофазе с напряжением на общем выводе панели.

Особенностью панели ИЖКЦ2-4/24 является то, что в разряде десятков часов сегменты *b, e, f, g* соединены вместе. Они подключены к выводу *1 D7* через токоограничивающий резистор *R33*. Если непосредственно присоединить выводы *10* и *11* микросхемы *D7* к соответствующим выводам панели (*23* и *22*), то когда *D7* будет находиться в состоянии логических 0 и 1, на панели всегда будет высвечиваться цифра «1». Для ее гашения в состоянии 0 используется узел на микросхеме *D12*. Если *D7* находится в состоянии 0, то напряжения с *8-D7* и на *6-D7* будут противофазны. Тогда на *3-D12* будет логическая 1. Если на один вход элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ подать логическую 1, то по второму входу будет осуществляться инверсия, а если 0, то инверсии не будет. Таким образом, когда *D7* находится в состоянии нуля, на выводах *23* и *22* панели и на общем выводе панели будут синфазные напряжения и «1» на панели погаснет.

Для обеспечения фазового управления указателем дня недели и точкой используется узел на микросхемах *D10, D11*, на которых собраны управляемые инверторы. Так как на *12-D11* подаются секундные импульсы с микросхемы *D1*, то во время работы часов точка на панели будет мигать, индицируя наличие секундных импульсов.

Ее же можно использовать для индикации степени использования батареи питания: если мигание точки прекратилось, батарею необходимо заменить.

Выбор номинала резистора *R33* меньшим по сравнению с остальными токоограничительными резисторами вызван тем, что к этому резистору подключаются сразу четыре сегмента.

Блок питания аналогичен описанному в сборнике ВРЛ № 72. Хотя применение ЖК-индикаторов позволяет отказаться от сетевого источника питания, последний был все же изготовлен для повышения эксплуатационных возможностей часов. Схема блока питания представлена на рис. 4. Последовательно с неполярным стабилитроном *V1* включено балластное сопротивление, роль которого играет конденсатор *C3*. Резистор *R34* используется для разрядки конденсатора *C3* после выключения часов из сети. Резистор *R35* служит для ограничения первоначального броска тока через конденсатор *C3*. Ограниченное с двух сторон переменное напряжение выпрямляется диодной сборкой *V2*. Пульсации напряжения сглаживаются конденсатором *C4*. Диоды *V3* и *V4* предназначены для автоматического переключения питания часов от сети на питание от аккумуляторной батареи 7Д-0,1 при пропадании напряжения в сети. Если сетевое напряжение есть, то диод *V4* закрыт, так как напряжение на конденсаторе *C4* около 10 В, а напряжение аккумуляторной батареи — 9 В. При исчезновении сетевого напряжения конденсатор *C4* начинает разряжаться, и когда напряжение на нем становится меньше 9 В, диод *V3* закрывается, а диод *V4* открывается и часы автоматически переходят на батарейное питание.

В часах использованы следующие детали: резисторы *R1...R34* типа ВС 0,125, *R35* типа МЛТ-0,5, конденсаторы *C1*, *C2*, *C5*, *C6* — малогабаритные керамические, конденсатор *C3* типа К73-15, *C4* — К50-6. Диоды *V3* и *V4* можно заменить любыми германиевыми. Вместо сборки КД906А можно использовать четыре диода Д9 с любым буквенным индексом, включив их по схеме мостового выпрямителя. Стабилитрон КС210Б можно заменить другими стабилитронами этой серии, а также стабилитронами КС211 с любой буквой или двумя включенными навстречу друг другу стабилитронами Д811. Возможна также замена микросхем, однако минимальное количе-

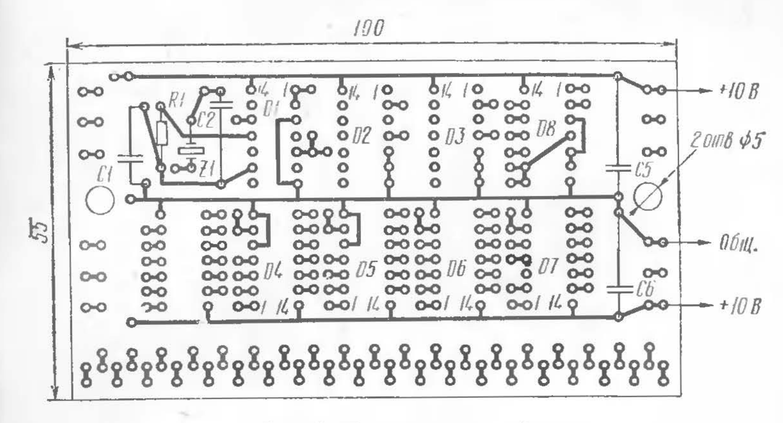


Рис. 5. Печатная плата 2

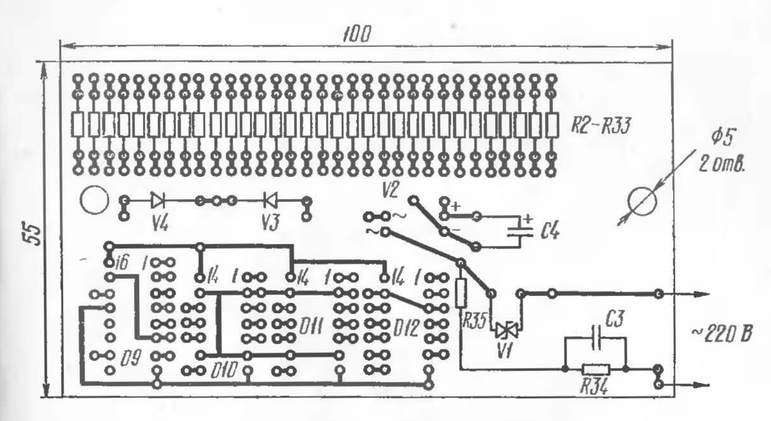


Рис. 6. Печатная плата 1

ство корпусов микросхем в часах будет при использовании микросхем, указанных на рис. 2.

Описанные часы собраны на двух печатных платах, показанных на рис. 5 и рис. 6. Соединения, не показанные на этих рисунках, выполняются тонким изолированным проводом согласно принципиальной схеме.

Остановимся на технологии изготовления печатных плат, предназначенных для цифровых устройств. Основной особенностью таких плат является малая толщина печатных линий, малые расстояния между соседними контактными площадками, а также значительная слож-

ность плат, вызванная большим числом соединений между микросхемами. Исполнение этих плат требует специальной технологии, что отпугивает радиолюбителей от изготовления цифровых устройств. Ниже приводится доступная методика, применяемая автором на протяжении ряда лет.

Сначала на клетчатой бумаге вычерчивается плата в натуральную величину. Потом с этого чертежа изготовляется копия, на которой отмечаются только места, где необходимо просверлить отверстия. Эта копия наклеивается на пластину фольгированного стеклотекстолита необходимых размеров со стороны фольги, например резиновым клеем, причем копия чертежа намазывается клеем не вся, а только в нескольких точках для облегчения снятия клея после сверления стеклотекстолита. Применять для изготовления плат фольгированные гетинакс и текстолит не рекомендуется, так как при повторных пайках, почти неизбежных при изготовлении устройства, печатные проводники на этих материалах отклеются гораздо быстрее, чем на стеклотекстолите. Сверление отверстий под выводы микросхем проводится сверлами с диаметром от 0,5 до 0,7 мм. Более толстые сверла применять нельзя, так как при этом контактные площадки получаются тонкими и будут легко отклеиваться при нагреве. После сверления отверстия зенкуют с той стороны, где нет фольги, сверлом с диаметром примерно в два раза большим, чем диаметр отверстия. Со стороны фольги отверстия зенковать нельзя, с этой стороны фольгу надо зачистить микронной шкуркой.

После этого поверхность фольги обезжиривается ацетоном и на нее наносится слой нитрокраски. Наилучший результат получается при использовании нитрокраски в аэрозольной упаковке. Краска наносится на всю поверхность платы со стороны фольги и высушивается не менее 20 мин. После сушки краска выборочно удаляется в тех местах, где нет проводников, с помощью скальпеля или специально изготовленными резцами. Это самая трудоемкая операция, требующая внимания. Ошибки можно исправлять с помощью спички, нанося краску на поврежденные проводники. Готовая плата травится обычным способом в растворе хлорного железа. Для ускорения процесса травления можно изготовить из органического стекла плоскую кювету и травить печатные платы в вертикальном положении. При этом продукты

реакции будут оседать на дно кюветы и не будут препятствовать процессу травления. Сбоку кювету можно подогревать светом электрической лампы.

После травления краска легко снимается ватой, смоченной в ацетоне, после чего плата еще раз зачищается микронной шкуркой и облуживается. При облуживании недопустим перегрев платы.

Сборка цифровых устройств требует особого внимания. Надо стараться делать как можно меньше ошибок при сборке, так как поиск их и устранение занимает иногда гораздо больше времени, чем сборка устройства. Для того чтобы не забыть, какие соединения уже сделаны, а какие нет, можно отмечать выполненные соединения на принципиальной схеме. Описанные часы при условии правильной сборки не требуют настройки и работают сразу после включения.

Литература

Мальцев Ю. С. Конструирование и технология производства микроэлектронных цифровых измерительных приборов.— М. : Энергоиздат, 1981.

Мадьяри Б. Элементы оптоэлектроники и фотоэлектрической автоматики.— М. : Советское радио, 1979.

Справочник по интегральным микросхемам. Под редакцией Тарабрина.— М. : Энергия, 1981.

СОДЕРЖАНИЕ

ББК 32.884.19
В80

Рецензент кандидат технических наук *С. А. Бирюков*

В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 85 /
В80 Сост. А. В. Дьяков.— М.: ДОСААФ, 1984.—
78 с., ил.

30 к.

Приведены описания конструкций, принципиальные схемы и методика расчета их некоторых узлов. Учтены интересы начинающих и квалифицированных радиолюбителей.

Для широкого круга радиолюбителей и специалистов.

В $\frac{2402020000—034}{072(02)—84}$ 27—84

ББК 32.884.19
6Ф2.9